



Jorge Alberto Da Silva Implementação de um Sistema Pull
Oliveira



**Jorge Alberto Da Silva Implementação de um Sistema Pull
Oliveira**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Prof. Doutor Joaquim José Borges Gouveia, do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro.

o júri

presidente

Prof. Doutor Henrique Manuel Morais Diz
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Américo Lopes de Azevedo
Professor Associado da Universidade do Porto (Arguente Principal)

Prof. Doutor Joaquim José Borges Gouveia
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro (Orientador)

Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço á minha família que me ofereceu todas as condições para concluir o curso e por toda a confiança que sempre tiveram, dando-me alento nas alturas mais difíceis.

Agradeço de uma forma mais particular à Cristina Jorge, que além de possibilitar a existência deste projecto, me prestou apoio incondicional durante a realização do mesmo e do estágio curricular bem como á Ângela Silva e ao Pedro Ribeiro.

Agradeço também aos restantes colaboradores do Departamento de Logística Interna bem como aos colaboradores da Bosch

Termotecnologia SA que estiveram envolvidos neste projecto e que contribuíram para que o mesmo tivesse um rumo bem definido.

Gostaria igualmente de agradecer ao Professor Doutor Joaquim Borges Gouveia pelo apoio e disponibilidade durante a realização do projecto e do estágio curricular.

A todos os demais que contribuíram de alguma maneira para a realização deste projecto.

Palavras-chave

Lean Production, Toyota Production System, Bosch Production System, Sistema Pull, Value Stream Mapping, Value Stream Design, Muda, Trabalho Normalizado.

Resumo

Desde a década de 50 que o conceito Lean se encontra enraizado em vários tipos de organizações, tendo estas sempre presente a eliminação de desperdícios de produção para assim obter vantagens competitivas sobre os seus concorrentes. Assim, é comum ouvirem-se expressões como “Lean Management” para designar uma gestão que visa a eliminação do desperdício e “Lean Manufacturing” para designar uma produção que ambiciona eliminar operações sem valor acrescentado. Um dos conceitos associados á filosofia Lean é o sistema Pull, onde ninguém a montante deve produzir um bem ou serviço até que o cliente a jusante assim o exija.

Neste documento é apresentado um conjunto de acções de melhoria levadas a cabo num projecto com base na implementação de um sistema pull, recorrendo aos seus elementos, numa secção de produção de uma fábrica que opera segundo a filosofia Lean.

A concretização prática deste projecto passou por duas fases distintas, a primeira fase contemplou a análise da situação actual onde foi possível retirar diversa informação acerca do funcionamento da secção em estudo bem como a identificação de problemas e desperdícios existentes na mesma. Numa segunda fase foram implementadas diversas melhorias de acordo com a visão futura, entre as quais a alteração de layout e definição de novos bordos de linha, a normalização do trabalho realizado pelo operador logístico da secção bem como o dimensionamento do supermercado de produto acabado.

A realização deste projecto permitiu a obtenção de diversos ganhos ao nível de abastecimentos normalizados dos postos de trabalho, eliminação de operações sem valor acrescentado, ergonomia dos postos de trabalho, redução de operadores e disponibilidade de material para trabalho na secção.

Keywords

Lean Production, Toyota Production System, Bosch Production System, Pull System, Value Stream Mapping, Value Stream Design, Muda, Standard Work.

Abstract

Since the 50's, the Lean concept can be found in several types of organisations that in order to obtain competitive advantages over their opponents use the elimination of production wastes.

So, expressions like "Lean Management" to define a management that aims to eliminate the waste and "Lean Manufacturing" that defines the production which aims to eliminate operations without added value are common.

One of the concepts associated to the Lean philosophy is the Pull system, where no sum can produce a good or service unless the client requires it.

In this document a set of improvement actions is presented from a project based on the implementation of the Pull system, which appeals to its elements, in a factory's production section that operates according to the Lean philosophy.

The practical concretization of this project has had two different stages: the first stage contemplated the analysis of the present situation where it was possible to obtain a wide information on the functioning of the section (object of the study) as well as to identify the problems and existing wastes. On a second stage, several improvements were implemented according to the future vision amongst them the layout change and definition of the new edges of line, the normalization of the section's logistic operator work and the dimensioning of finished product's supermarket.

To conclude, this project allowed us to get positive conclusions related to normalized working ranks supplying, eliminating operations without added value, working ranks ergonomics, reduction of operators and material's availability for work in the section.

“There are some possibilities to improve the production system... “
Eiji Toyoda at Ford Rouge Plant, Circa 1950

Índice

1 Introdução.....	1
1.1 Visão geral do grupo Bosch.....	1
1.2 Grupo BOSCH: dados e factos.....	2
1.3 BOSCH Termotecnologia SA.....	3
1.3.1. Princípios, Organização e Departamentos.....	4
1.3.2. Logística Interna.....	5
1.4 Contexto do projecto	6
1.5 Objectivos.....	7
1.6 Metodologia.....	7
1.7 Estrutura da dissertação	8
2 Apresentação de conceitos.....	9
2.1 Lean Production	9
2.1.1 Origem da Lean production	9
2.1.2 Evolução do conceito	10
2.1.3 Princípios da mentalidade Lean	13
2.1.4 Figura básica da Lean Production	14
2.1.5 Muda	16
2.1.6 Benefícios da implementação de um sistema Lean.....	21
2.1.7 Processo de manufactura interno.....	23
2.1.8 Críticas à filosofia Lean.....	24
2.1.9 Dificuldades da implementação de um sistema Lean.....	24
2.1.10 Razões para a falha de um sistema Lean	25
2.2 Bosch Production System (BPS)	26
2.2.1 Princípios BPS.....	26
2.2.2 Global Standards	27
2.2.3 Elementos e ferramentas BPS.....	28
2.3 Sistema Pull	30
2.3.1 Introdução ao Sistema Pull	30
2.3.2 Princípios do sistema Pull.....	35
2.3.3 Elementos de um sistema Pull	38
2.3.4 Implementação de um Sistema <i>Pull</i>	50

3	Análise da situação inicial	53
3.1	Layout inicial	53
3.2	Clientes e fornecedores da secção.....	54
3.3	Value Stream Mapping.....	55
3.4	Identificação de desperdícios:	55
4	Implementação	57
4.1	Desenho da situação futura	57
4.1.1	Value Stream Design	57
4.1.2	Indicadores de desempenho.....	58
4.1.3	Plano de acções.....	58
4.2	Alteração layout	59
4.3	Definição de bordos de linha	61
4.3.1	Determinação dos componentes necessários em bordo de linha.....	61
4.4	Definição da rota e do trabalho normalizado do operador logístico.....	62
4.5	Rota de <i>Milk run</i> de rua.....	64
4.6	Dimensionamento do supermercado de produto acabado.....	65
4.6.1	Critério utilizado para o cálculo de RT1	65
4.6.2	Critério utilizado para o cálculo de RT2	65
4.6.3	Critério utilizado para o cálculo de RT3	65
4.6.4	Critério utilizado para o cálculo de RT4	65
4.6.5	Critério utilizado para o cálculo de RT5	65
4.6.6	Critério utilizado para o cálculo de RT6	66
4.6.7	Critério utilizado para o cálculo de WA.....	66
4.6.8	Critério utilizado para o cálculo de LS.....	66
4.6.7	Critério utilizado para o cálculo de SA	66
4.6.8	Determinação do tamanho / layout do supermercado	66
5	Apresentação de resultados	67
5.1	Número de operadores por turno	67
5.2	Quantidade de componentes em caixa não standard, nos postos de trabalho	67
5.3	Número de componentes disponível no bordo de linha	67
5.4	Quantidade de abastecimentos normalizados aos postos de trabalho.....	67
5.5	Área ocupada por estante/supermercado de produto acabado	68
5.6	Número de referências disponível no supermercado de produto acabado	68
6	Conclusões e trabalho futuro a desenvolver	69

6.1 Conclusões finais.....	69
6.2 Satisfação dos objectivos	69
6.3 Recomendações de trabalho futuro	69
6.3.1 Implementação de trabalho normalizado	69
6.3.2 Alteração do layout para três células.....	69
6.3.3 Controlo do supermercado de produto acabado	70
6.3.4 Implementação de FIFO entre a secção em estudo e os seus clientes.....	70
7 Bibliografia	71
Anexo A – Value Stream Mapping da secção em estudo.....	74
Anexo B - Tempos MTM utilizados nos documentos standard.	74
Anexo C - Definição das rampas de produto acabado.	74
Anexo D – Posto de montagem de queimadores.	74
Anexo E – Bordos de linha do posto de montagem de queimadores.....	74
Anexo F - Documentos standard do operador logístico da secção em estudo.....	74
Anexo G - Documentos standard do operador logístico exterior.	75
Anexo H - Folha de acompanhamento de rotas normalizada.	75
Anexo I - Análise do perfil de consumo e classificação de cada referência.	75
Anexo J - Ficheiro utilizado para o cálculo dos kanbans – em anexo A3.	75
Anexo K - Distribuição das várias referências no supermercado.....	75
Anexo O - Caixas standard Bosch.....	75
Anexo P – Simbologia value stream.....	75

Índice de figuras

Figura 1. Segmentos de mercado do grupo Bosch.	1
Figura 2. Vendas por Sector de Negócio 2007.	1
Figura 3. Grupo Bosch em Portugal.	2
Figura 4. Robert Bosch, Estugarda (1886).	2
Figura 5. Marcas Bosch Termotécnica.	3
Figura 6. Imagem geral da Vulcano (1977).	3
Figura 7. Visão geral Bosch Termotecnologia (2008).	4
Figura 8. Cronologia da Bosch Termotecnologia Portugal SA.	4
Figura 9. Cadeia de Abastecimento “clássica”.	5
Figura 10. Adaptações da Cadeia de Abastecimento Clássica.	5
Figura 11. Organigrama Logística interna.	6
Figura 12. Origens da filosofia Lean.	10
Figura 13. Relação entre valor, custo e desperdício.	11
Figura 14. Imagem básica da Filosofia Lean.	15
Figura 15. Actividades da filosofia Lean.	15
Figura 16. Trabalho Vs. Desperdícios.	16
Figura 17. Oito tipos de desperdícios.	20
Figura 18. Funcionamento global BPS.	27
Figura 19. Campos de acção BPS.	28
Figura 20. Cadeia de Valor.	28
Figura 21. Princípio <i>Pull</i> – “Puxar”.	31
Figura 22. Princípio <i>Push</i> – “Empurrar”.	31
Figura 23. Princípio <i>Pull</i> Vs Princípio <i>Push</i>	32
Figura 24. Heijunka box.	33
Figura 25. Funcionamento de um sistema <i>Pull</i> com utilização de cartões Kanban.	35
Figura 26. Cenário ideal de produção segundo o TPS.	35
Figura 27. Produção tradicional (sem nivelamento).	36
Figura 28. Produção nivelada.	37
Figura 29. Circulação de cartões Kanban.	39
Figura 30. Representação de um Kanban da Bosch.	40
Figura 31. Capacidade instalada VS Capacidade necessária.	42
Figura 32. Ilustração dos diferentes tempos de reposição.	43
Figura 33. Comboio Logístico.	45
Figura 34. Etapas de uma rota normalizada.	46
Figura 35. Estante de um supermercado convencional.	47
Figura 36. Supermercado adaptado à produção.	48
Figura 37. Quadro de nivelamento de produção.	49
Figura 38. Metodologia seguida na análise do problema.	53
Figura 39. Layout inicial da secção.	53
Figura 40. Clientes e fornecedores da secção em estudo.	54
Figura 41. Value stream design.	57
Figura 42. Layout correspondente á formação de duas células.	58
Figura 43. Acções de implementação para a secção em estudo.	59

Figura 44. Alteração do layout da linha 3.....	60
Figura 45. Rota normalizada do operador logístico da secção em estudo.....	63
Figura 46. Layout da rota normalizada do milk run de rua.....	64
Figura 47. VSM da secção em estudo.....	74
Figura 48. Rampa de saída de produto acabado com preparação.....	74
Figura 49. Rampa de material a aguardar preparação.....	74
Figura 50. Rampa de saída de produto acabado com preparação.....	74
Figura 51. Posto de montagem de queimadores e bordo de linha (vista lateral).	74
Figura 52. Posto de montagem de queimadores e bordo de linha (vista frontal).	74
Figura 53. Posto de montagem de queimadores e bordo de linha (vista frontal).	74
Figura 54. Folha de balanceamento da secção em estudo.....	74
Figura 55. Instrução de abastecimento normalizado referente à secção em estudo.	74
Figura 56. Instrução de abastecimento normalizado referente às linhas 1 e 3.....	74
Figura 57. Instrução de abastecimento normalizado referente às linhas 2 e 3.....	75
Figura 58. STAB referente à secção em estudo.....	75
Figura 59. Folha de balanceamento do operador logístico exterior.....	75
Figura 60. Instrução de abastecimento normalizado referente ao operador logístico exterior.	75
Figura 61. STAB referente ao operador logístico exterior.....	75
Figura 62. Folha de acompanhamento de rotas normalizadas.....	75
Figura 63. Gráfico de Pareto relativo aos consumos de metades.....	75
Figura 64. Gráfico de Pareto relativo aos consumos de queimadores.....	75
Figura 65. Folha de cálculo para o número de cartões Kanban para metades.....	75
Figura 66. Folha de cálculo para o número de cartões Kanban para queimadores.....	75
Figura 67. Distribuição das diferentes referências.....	75
Figura 68. Caixas standards Bosch.....	75
Figura 69. Simbologia Value Stream.....	75

Índice de tabelas

Tabela 1. Melhorias decorrentes de uma implementação Lean.....	22
Tabela 2. Problemas mais frequentes de uma implementação <i>Lean</i>	25
Tabela 3. Aspectos gerais dos princípios <i>Pull e Push</i>	32
Tabela 4. Distribuição dos componentes por local e tipo de caixa.	61
Tabela 5. Métodos e tempos (cedida pelo MTM).....	74
Tabela 6. Classificação das referências de metades segundo o seu consumo.	75
Tabela 7. Classificação das referências de queimadores segundo o seu consumo.	75

Lista de abreviaturas

5 S Seiri; Seiton; Seiketsu; Seisou; Shitsuke

BPS Bosch Production System

BT Bosch Termotecnologia SA

CIP Continuous Improvement Process

CONWIP Constant Work In Process

EEF Engineering Employers Federation

EPEI Every Part Every Interval

FIFO First In, First Out

JIT Just-In-Time

MIT Massachusetts Institute of Technology

SMED Single Minute Exchange of Dies

SNP Standard Number Of Parts

TPM Total Productive Maintenance

TPS Toyota Production System

TQM Total Quality Management

VSM Value Stream Mapping

VSP Value Stream Planning

WIP Work In Process

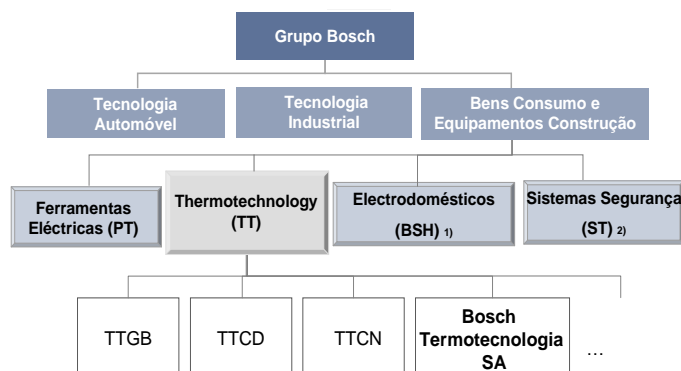
1 Introdução

Com este capítulo inicial pretende-se realizar a apresentação global do grupo Bosch bem como da sua filial em Aveiro onde foi realizado este projecto de estágio. Em seguida será realizada uma breve referência á relevância do tema de estudo e seu enquadramento bem com a metodologia utilizada para a realização deste projecto. Por fim será feita uma descrição do conteúdo de cada capítulo da dissertação que irá ser apresentado nas páginas seguintes.

1.1 Visão geral do grupo Bosch

O grupo BOSCH foi fundado, segundo uma linha simples mas extremamente revolucionária, por Robert Bosch, sendo actualmente um dos maiores grupos multinacionais.

Presentemente, o grupo Bosch actua em três segmentos de mercado distintos, como poderá ser observado na figura que se segue.



Legenda:

1) BSH – Linha doméstica Bosch e Siemens (50% Bosch)

2) Sistemas de segurança Bosch (100% Bosch)

Figura 1. Segmentos de mercado do grupo Bosch.

Fonte: Apresentação oficial Bosch 2008.

Esta diversidade de áreas de mercado, onde se faz representar, é devida à capacidade de adaptação às novas exigências, dos vários mercados, aliadas ao espírito empreendedor, para assim responder eficazmente às necessidades dos diferentes consumidores. Como é possível constatar pela figura seguinte, o maior volume de negócios do grupo Bosch encontra-se no sector automóvel, atingindo uma percentagem superior a 50%.

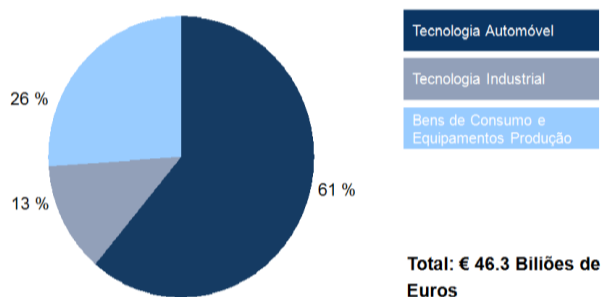


Figura 2. Vendas por Sector de Negócio 2007.

Fonte: Apresentação oficial Bosch 2008.

Em Portugal, o Grupo Bosch faz-se representar por um total de sete fábricas que estão inseridas em diferentes segmentos de mercado como podemos ver na representação seguinte:

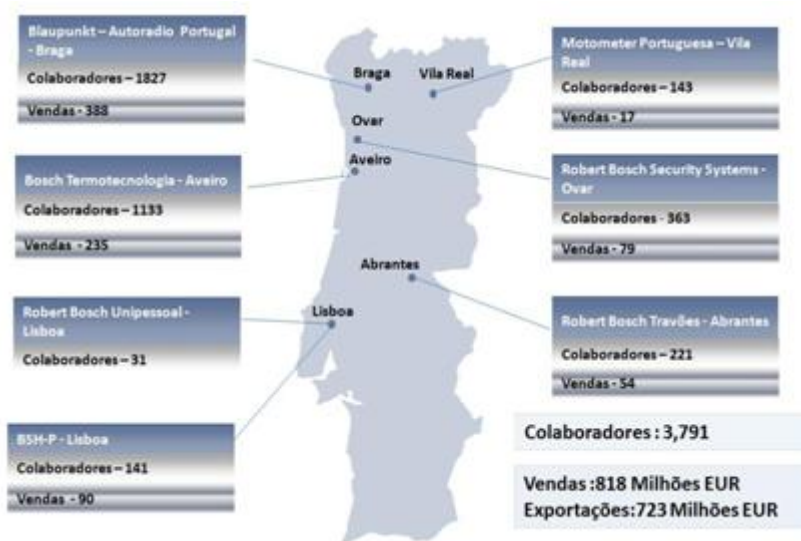


Figura 3. Grupo Bosch em Portugal.
Fonte: Apresentação oficial Bosch 2008.

1.2 Grupo BOSCH: dados e factos

Este grupo multinacional, actualmente designado por Bosch, foi criado no ano de 1886 em Estugarda, sendo na altura denominado por Robert Bosch, nome do seu criador. No princípio da sua existência a Robert Bosch era uma oficina de mecânica de precisão, que ao longo do tempo, foi progressivamente traçando um percurso assente no entusiasmo, inovação tecnológica e sentido de responsabilidade social e ecológica, mostrando paixão pela inovação e um espírito arrojado, tornando-se assim num dos maiores grupos industriais da Alemanha e conhecido em todo o mundo.



Figura 4. Robert Bosch, Estugarda (1886).
Fonte: Revista Mundo V – edição 14 de 2007.

No ano de 1932, arrancou o início da Divisão Termotécnica da Robert Bosch, com a integração da Junkers & Co., fundada por Hugo Junkers, sendo esta divisão actualmente responsável pela produção de aparelhos de aquecimento, esquentadores e caldeiras de gás, tendo recentemente entrado para o mercado de painéis solares.

Com cerca de 21 fábricas espalhadas principalmente pela Europa e América do Norte, a Bosch Termotécnica é hoje o principal produtor europeu e um dos líderes mundiais de esquentadores e caldeiras, sendo responsável por uma vasta gama de produtos que chegam ao consumidor final sob diversas marcas.



Figura 5. Marcas Bosch Termotécnica.
Fonte: Apresentação oficial Bosch 2008.

1.3 BOSCH Termotecnologia SA

Tendo como base um contrato de licenciamento com a Robert Bosch, a empresa Vulcano iniciou a sua actividade em 1977, estando sediada em Cacia, Aveiro, deslocando assim a tecnologia Alemã a nível de esquentadores Junkers.

Rapidamente esta instituição alcançou sucesso no mercado, tornando-se líder nacional no comércio de esquentadores. Este sucesso encontra-se associado à qualidade dos aparelhos produzidos, numa clara estratégia de vendas, consolidada pelo lançamento de uma marca própria (a Vulcano) e de uma assistência pós-venda muito apreciada.

Alguns anos mais tarde, em 1988, a Vulcano que tinha sido inicialmente construída por capital totalmente nacional, sofreu um processo de aquisição da maioria do seu capital pelo grupo Bosch, tornando-se na Termodomésticos SA, passando a integrar a divisão Termotécnica da Bosch que transferiu assim para Portugal competências e equipamentos necessários a uma especialização dentro do grupo.



Figura 6. Imagem geral da Vulcano (1977).
Fonte: Revista Mundo V – edição 14 do ano 2007.

No ano de 2007, a Vulcano passou a ser designada por BBT TERMOTECNOLOGIA PORTUGAL SA, e começou também a produzir painéis solares. Hoje em dia, é apelidada de BOSCH TERMOTECNOLOGIA PORTUGAL SA (BT) sendo líder de mercado europeu desde 1992 e terceiro produtor mundial de esquentadores. Neste momento, para a “empresa-mãe”, Robert Bosch, a BT é deveras importante pois alberga o seu centro de competências a nível de aparelhos de aquecimento de água, estando sob sua responsabilidade a concepção de novos aparelhos bem como a sua produção e comercialização. A existência de uma unidade de Investigação e Desenvolvimento, inaugurada recentemente, faz da BT um centro de avanço tecnológico por excelência, a nível mundial.



Figura 7. Visão geral Bosch Termotecnologia (2008).
Fonte: Bosch, Evento Beyond - Lean 2008. Bosch, 2008.

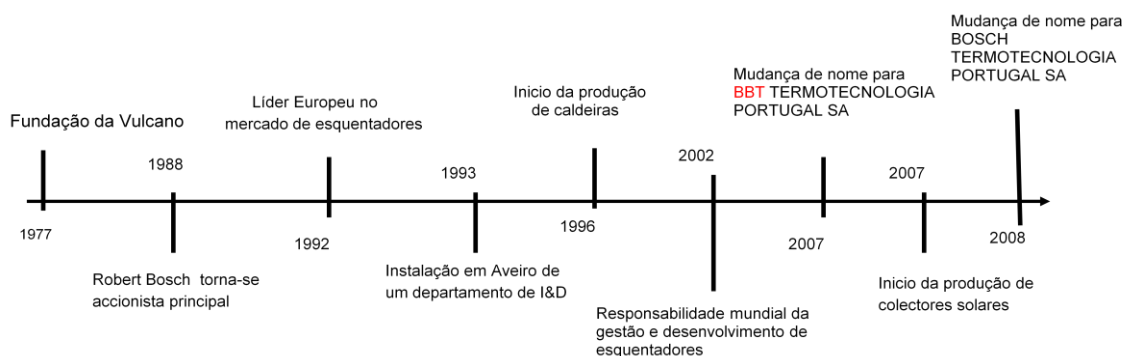


Figura 8. Cronologia da Bosch Termotecnologia Portugal SA.
Fonte: Bosch, Evento Beyond - Lean 2008. Bosch, 2008.

1.3.1. Princípios, Organização e Departamentos

O objectivo principal da BT é a satisfação total, quer dos seus clientes quer dos seus colaboradores, incentivando por isso o envolvimento de todos os seus empregados no seu trabalho diário, valorizando as suas competências para que assim possam superar as expectativas dos clientes e melhorar a rentabilidade da empresa. Com uma visão internacional, a BT encoraja a diversidade cultural e melhora continuamente os seus processos, segundo avaliações e comparações internacionais.

A empresa encontra-se dividida em três áreas fulcrais: Financeira, Vendas e Técnica. A área onde se enquadra este projecto é a Técnica estando inserido no departamento Logístico desta, mais precisamente na logística interna. Esta área abrangente engloba também outros departamentos igualmente importantes para o processo produtivo como por exemplo, o de Desenvolvimento e o da Qualidade, entre outros.

1.3.2. Logística Interna

Como foi anteriormente referido, este projecto encontra-se contextualizado na área da logística interna do processo produtivo, que tem como visão a produção na quantidade certa, no tempo certo e com o mínimo de desperdício. A missão deste departamento logístico está assente em quatro itens:

- Realizar o fluxo de material dentro da área de produção.
- Assegurar o abastecimento de matéria-prima.
- Suportar todos os processos logísticos dentro da área de produção.
- Alinhar os seus processos com as definições de BPS (*Bosch Production System*).

Em seguida, encontra-se esquematizada uma cadeia de abastecimento tradicional, para servir de termo de comparação às cadeias onde é garantido o fluxo contínuo, quer na presença quer na ausência de um centro logístico.

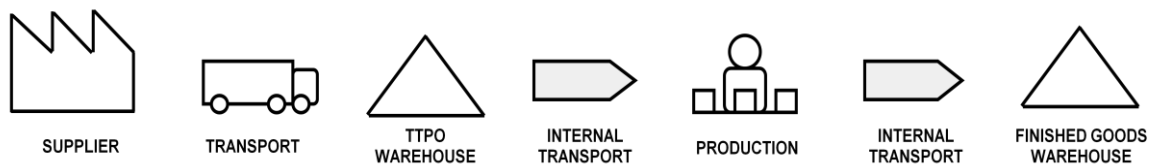


Figura 9. Cadeia de Abastecimento “clássica”.
Fonte: Bosch, Log Meeting, 2008.

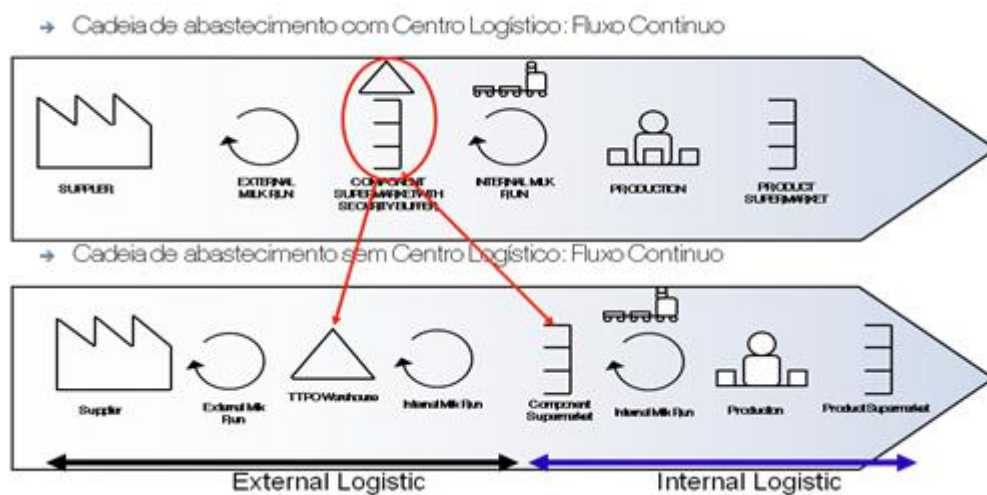


Figura 10. Adaptações da Cadeia de Abastecimento Clássica.
Fonte: Bosch, Log Meeting, 2008.

Como é possível constatar pela figura anterior, as funções da logística interna estão estendidas desde o armazém de matéria-prima até ao supermercado de produto acabado.

Em cada uma das quatro áreas onde actua, a logística interna tem funções a garantir entre as quais:

- Armazém matéria-prima e operadores logísticos:
 - ✓ Alta frequência de entregas por parte de fornecedores, em tempos standards definidos pelo consumo.
 - ✓ Caixas e quantidade standard, apropriadas aos postos de trabalho.
 - ✓ Rápido reconhecimento de padrões e desvios.
 - ✓ Disponibilização de todos os componentes.
- Ambiente produtivo:
 - ✓ Alta frequência de abastecimento standard aos postos de trabalho.
 - ✓ Caixas e quantidade standard apropriadas aos postos de trabalho.
 - ✓ Rápido reconhecimento de padrões e desvios.
- Supermercado de produto acabado:
 - ✓ SNP (*Standard Number of Piece*) para todos os produtos acabados.
 - ✓ Produção baseada no consumo através da utilização de cartões *Kanban*.
 - ✓ Rápido reconhecimento de padrões e desvios.
 - ✓ Transparência de processos.

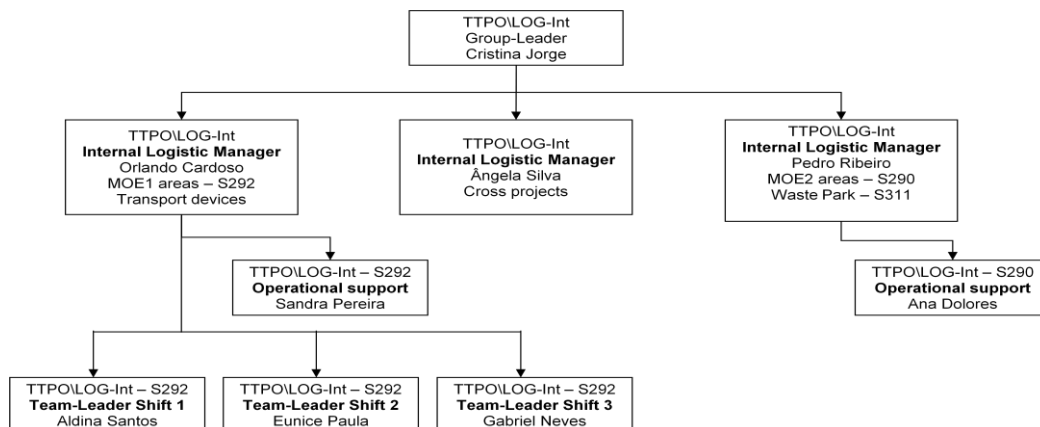


Figura 11. Organograma Logística interna.
Fonte: Bosch, Log Meeting, 2008.

1.4 Contexto do projecto

Com o objectivo de enfrentar as sucessivas alterações de mercado e os desafios da concorrência mundial, quer no fabrico de produtos, quer na prestação de serviços, cada vez mais as diversas instituições recorrem a políticas e práticas que eliminam desperdícios e geram um maior valor para o cliente final.

No presente século, com todos os avanços tecnológicos existentes, é igualmente crucial o reconhecimento da necessidade de flexibilidade operacional, bem como a obtenção de altas performances, para assim estabelecer uma vantagem competitiva em relação aos concorrentes mais directos.

Para alcançar estas vantagens competitivas muitas empresas foram adoptando um ou mais programas de melhoria de um leque, cada vez maior destas filosofias, começando com o *Toyota Production System* (TPS), TQM (*Total Quality Management*), JIT (*Just-in-Time*), *Pull System*, TPM (*Total Productive Maintenance*), para não referir a reengenharia e o "*benchmarking*", liderando o caminho para uma nova abordagem de operações que constituíram a base do que conhecemos actualmente como *Lean Thinking*, tendo sido esta expressão usada pela primeira vez em 1996, através do livro *Lean Thinking* redigido por JP Womack and Jones, tornando-se uma expressão internacionalmente reconhecida. Tanto o manual referido anteriormente como um outro, de título *The Machine That Changed the World* (1990), também dos mesmos autores, exploram os sistemas Toyota presentes no Japão assim como filosofias *Pull* e JIT, não esquecendo a progressiva redução de actividades, que não geram valor para o cliente final. Desta forma, e como meio de sobreviver às constantes alterações dos mercados competidores é crucial a aplicação de filosofias como as anteriormente referidas, dando assim extrema importância à produção *Lean* e a todos os seus elementos como é o caso do sistema *Pull*, cuja implementação constitui uma parte fulcral deste projecto.

1.5 Objectivos

Em parte devido à presença de actividades sem valor acrescentado, a secção alvo de estudo apresenta diversos desperdícios no seu funcionamento. Como tal e indo de encontro a um dos focos do chamado *Lean Thinking*, este trabalho terá como objectivo fundamental, a implementação de um sistema *Pull* nesta secção.

Com a implementação deste sistema pretende-se estudar e desenvolver acções de melhoria, que resolvam problemas associados ao excesso de produção, falta de trabalho normalizado, deslocações desnecessárias e outras actividades, que não impulsionem a geração de valor. A maior motivação decorrente deste projecto consiste na aplicação de um conjunto de princípios gerais que regem a filosofia *Lean*, a uma ou varias situações em particular. Para atingir tais objectivos serão aplicados diversos elementos constituintes de um sistema *Pull*, seguindo uma ordem de trabalhos apresentada em seguida.

1.6 Metodologia

A presença de conceitos como trabalho standard, rotas normalizadas, eliminação de desperdícios, supermercados, cartões kanban e abastecimentos, entre outros, tornam-se metodologias fundamentais para o desenvolvimento e sucesso deste trabalho, pelo que requerem uma especial atenção e estudo.

Tendo por base um sistema de produção *Lean*, a metodologia utilizada para a abordagem e resolução dos problemas presentes é constituída, numa primeira fase pelo desenho da situação actual e sua análise, com o objectivo de identificar problemas e fontes de desperdício. Numa fase posterior é idealizada a situação futura tendo por base a filosofia *Pull*, procurando assim alcançar uma produção sincronizada.

O plano de acção para a implementação de um sistema *Pull* na secção em estudo será constituído por itens como o dimensionamento do supermercado de produto acabado, efectuando o cálculo do número de cartões kanban necessários, a definição de bordos de linha e pequenas estantes para acomodar caixas vazias e

produto acabado, bem como a alteração da disposição dos postos de trabalho, procurando assim eliminar problemas ergonómicos e facilitar o fluxo de material e por fim a normalização da rota de abastecimento. Por último, será feita uma análise/avaliação do impacto provocado pelas alterações efectuadas tendo em conta indicadores de desempenho previamente definidos.

Para o cálculo do supermercado de produto acabado será utilizada a fórmula kanban disponibilizada pelo grupo Bosch permitindo assim a produção apenas quando necessário, ou seja, quando um cartão kanban é libertado. Por outro lado para a normalização da cadeia de abastecimento foram igualmente usados documentos disponíveis como a folha de trabalho standard, a folha de balanceamento e o STAB, permitindo assim através de confirmações de processo obter uma melhoria contínua.

1.7 Estrutura da dissertação

O presente trabalho encontra-se dividido em seis capítulos, inserindo-se no primeiro capítulo, uma breve descrição acerca do tema em estudo e os objectivos traçados para a sua concretização.

No capítulo seguinte são apresentados conceitos como *Lean Production*, BPS e *Pull System* que constituem a base teórica para a realização deste projecto.

O terceiro e quarto capítulos compreendem toda a parte prática desenvolvida durante a realização deste estudo. No capítulo três, intitulado “Análise da situação actual” é feita, como o próprio nome indica, uma análise do funcionamento da secção alvo do estudo bem como a enumeração de desperdícios identificados através desta análise. Por sua vez no quarto capítulo, designado por “Implementação”, são apresentadas as acções realizadas para a implementação de um sistema *Pull*.

Os resultados decorrentes destas melhorias são enunciados no capítulo cinco estando as conclusões e as sugestões de trabalho futuro descritas no capítulo seis.

2 Apresentação de conceitos

Com o seguinte capítulo pretende-se efectuar a apresentação de conceitos como *Lean Production*, BPS e Sistema *Pull* essenciais ao desenvolvimento deste projecto. Para uma melhor compreensão destes conceitos principais será feita uma descrição dos pontos fulcrais que regem cada uma destas filosofias bem como dos seus elementos constituintes.

2.1 Lean Production

2.1.1 Origem da Lean production

Em 1950 um jovem engenheiro Japonês de nome Eiji Toyoda decide visitar a vasta fábrica da Ford que operava em Detroit. Tanto a indústria japonesa como a *Toyota Motor Company*, que tinha sido fundada em 1937, estavam em crise. Depois de cerca de treze anos de esforço e dedicação ao sector automóvel, a *Toyota* apenas tinha sido capaz de produzir um total de 2.685 automóveis enquanto que a *Ford* em Detroit tinha uma produção de cerca de 7.000 veículos por ano.

Este jovem engenheiro Japonês estudou então aprofundadamente todos os conceitos e processos presentes no maior e mais eficiente complexo fabril do mundo. Após o retorno de Eiji ao Japão e em parceria com o seu génio da produção, Taiichi Ohno, chegaram à conclusão de que a produção em massa era algo que não iria funcionar no Japão. Também puderam concluir brilhantemente que existiam inúmeras possibilidades de melhorar o sistema produtivo.

O Japão, estava então prestes a entrar numa grande depressão e a *Toyota* encontrava-se quase na banca rota, pois as vendas de veículos tinham diminuído bastante e não conseguiam obter créditos junto das entidades bancárias. O presidente da *Toyota*, na altura Kiichiro Toyoda, propôs um corte de cerca de um quarto na mão-de-obra, o que rapidamente gerou sentimentos de revolta por parte dos seus operadores. O governo Japonês, sob aviso Americano, estabeleceu um conjunto de direitos que deveriam ser cumpridos junto dos trabalhadores e impôs certas restrições relativas ao despedimento de empregados por parte dos proprietários da companhia. Após algumas negociações, a companhia e os seus operadores chegaram a um consenso:

- Um quarto da força de trabalho iria ser dispensado, como previsto inicialmente;
- Kiichiro Toyoda pediria demissão, como presidente, para acarretar com as responsabilidades da falência da companhia;
- Os restantes empregados recebiam duas garantias:
 - ✓ Emprego ao longo da vida.
 - ✓ Os ordenados eram de acordo com a antiguidade de cada empregado na empresa e de acordo com a rentabilidade da mesma.

Além disto, todos os trabalhadores tinham direito a usufruir do acesso às instalações da *Toyota* incluindo habitação, recreação e outras.

Os empregados concordaram em ser flexíveis e apoiar os interesses da empresa, iniciando esforços de melhoria. Este notável acordo ainda hoje serve de modelo à indústria automóvel japonesa, embora tenha algumas implicações.

Assim, foi construída uma relação totalmente diferente entre operador e empresa, sendo esta nova relação baseada na cooperação, flexibilidade e benefícios mútuos, formando assim uma ligação de parceria entre operadores e instituição, estando a mais importante condição para a produção *Lean* estabelecida.

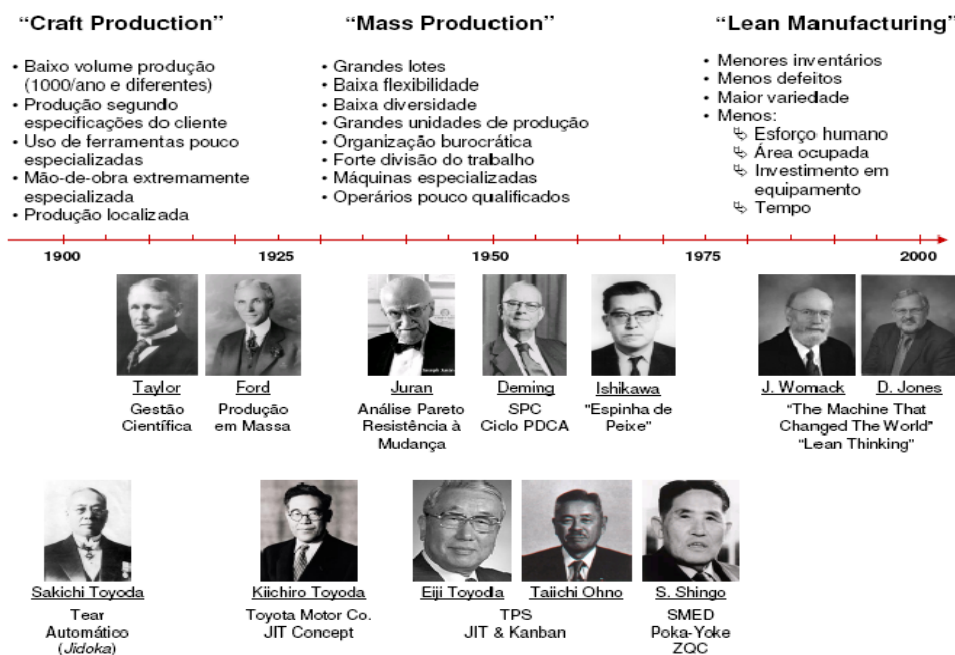


Figura 12. Origens da filosofia Lean.

Fonte: Bosch, Evento Beyond - Lean 2008. Bosch, 2008.

O TPS, ou *Lean Production*, foi então a solução para os problemas da Toyota. Durante os trinta anos que se seguiram, Taiichi Ohno e a sua equipa resolveram cada problema isoladamente um por um, fazendo de cada caso uma virtude necessária, em que cada avanço dependeria da habilidade e criatividade de cada operário.

2.1.2 Evolução do conceito

A filosofia *Lean*, como conceito, sofreu uma significativa evolução e expansão desde a sua origem na indústria automóvel. De facto, as operações *Lean*, baseadas na eliminação de desperdícios, apenas mostram resultados em certas áreas localizadas e os resultados que se gostariam de obter na performance total, são muito baixos.

Womack and Jones ao criar um novo desenho dos princípios *Lean* "*Lean Principles*" em 1996, transformaram o conceito *Lean*, que até então era focalizado na redução de custos e desperdícios, num conceito mais abrangente onde a criação e reforço do valor para o consumidor era fulcral, acrescentando valor aos produtos ou características do serviço e/ou eliminando actividades geradoras de desperdícios.

Este novo conceito impôs à filosofia *Lean* uma nova dimensão pois começou igualmente a colocar em foco a percepção do valor, por parte do cliente final, com o valor a ter o seu verdadeiro significado quando expresso em termos de um produto ou serviço específico, com capacidades específicas, satisfazendo as necessidades dos consumidores a um preço específico (Womack & Jones, 2003). Portanto, independentemente de qualquer actividade do processo produtivo parecer um desperdício ou algo dispendioso, é o cliente final quem decide em última análise o que é desperdício (Muda) e o que é valor acrescentado. Como tal, a criação de valor deve ser entendida como mais do que uma simples redução de custos. Na figura seguinte está ilustrada a relação entre valor e custo dos produtos ou serviços e a correlação entre custo-valor percebido pelo consumidor. A linha de equilíbrio custo-valor indica uma situação em que o valor percebido pelo consumidor fornecido por um produto ou serviço corresponde exactamente aos seus custos.

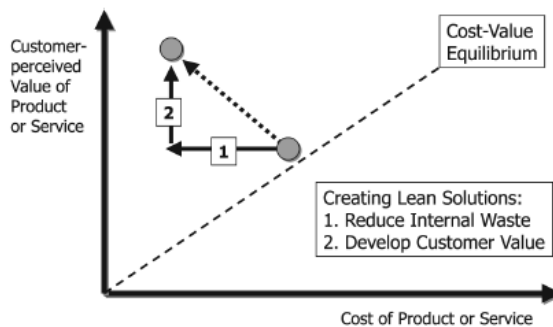


Figura 13. Relação entre valor, custo e desperdício.
Fonte: Peter Hines, *et al.*, 2004.

Esta mudança de perspectiva, passando de uma focalização apenas na redução de desperdício, para uma perspectiva complementar, onde também é tido em conta o valor visto pela óptica do cliente, proporcionou uma nova dimensão no que se refere à criação de valor:

- Valor é criado enquanto os desperdícios e os custos associados são reduzidos, aumentando a proposição global para o consumidor.
- O valor poderá ser também gerado através do desenvolvimento e oferta de novas funcionalidades ou novos serviços, sem que para isto, seja necessário incorrer em custos adicionais ainda que seja valorizado pelo cliente.

A criação de valor com base no cliente final, explorando a proposição de valor no nível estratégico, vai mais além do que apenas a eliminação de desperdícios. Como resultado deste desenvolvimento e com o objectivo de clarificar o que realmente faz ou não parte do conceito *Lean*, Peter Hines *et al.* (2004) encoraja a existência desta filosofia em dois níveis diferentes, sendo um deles o estratégico e outro o operacional, com a consequente distinção entre pensamento *Lean* (*Lean Thinking*) e produção *Lean* (*Lean Production*).

O uso do termo *Lean Production* estava então associado ao conjunto de ferramentas de aplicação do ambiente produtivo (nível operacional) e por sua vez *Lean Thinking* aparece associado à dimensão da cadeia de valor (nível estratégico).

2.1.2.1 Filosofia Lean

Lean Production, também conhecida como TPS, significa fazer mais em cada vez menos tempo, espaço, esforço humano, maquinaria e matéria-prima, enquanto é oferecido ao cliente o que ele realmente pretende. É importante referir que dois relevantes livros popularizaram o termo *Lean*:

- *The Machine That Changed the World*, da autoria de James Womack, Daniel Jones e Daniel Roos, publicado em 1990.
- *Lean Thinking*, redigido por Daniel Jones e James Womack, publicado em 1996.

Apesar dos princípios *Lean* estarem enraizados na indústria, estes são universais, sendo o maior desafio a sua tradução e ajuste para cada situação em particular.

Como foi referido por John Drew (*et al.*, 2004) a produção *Lean* não é apenas um projecto mas sim uma procura contínua pela perfeição, através da eliminação de

todas as fontes de perdas. Esta filosofia deve então ser vista como uma filosofia de negócios e não como um mero conjunto de ferramentas e técnicas para melhoramento dos processos de fabrico (Moore, 2001). Por isto, e a par com os processos produtivos, todos os outros subsistemas da organização têm que sofrer alterações, para que assim possam ser integrados os conceitos *Lean* e tirar destes o máximo de benefícios.

Liker (2003) defende que a combinação ideal para obter tais resultados consiste numa filosofia a longo prazo, onde todos os intervenientes têm uma cultura de excelência competitiva. É importante que seja introduzido um alinhamento para a forma como os membros da organização pensam e agem.

K. Bozdogan (2006), por sua vez, delinea um conjunto de dogmas que reforçam mutuamente a actualização da visão de uma instituição *Lean*:

- Foco no cliente, assegurando que as suas necessidades e expectativas interferem nos processos criativos da instituição.
- Eliminar todas as fontes de perdas, com o objectivo de criar valor em toda a cadeia de valor, numa base sustentada a curto e a longo prazo, através da concentração apenas naquilo que gera valor para o cliente.
- Prosseguir no conhecimento impulsionado pela transformação da empresa, optimizando as capacidades das pessoas fazendo uma boa utilização destas, para assim alcançar as mudanças evolutivas a nível empresarial.
- Fomentar um processo dinâmico de mudança e de capacidade de construção para garantir a criação de um robusto, adaptativo, flexível e responsável sistema empresarial, que possa responder rapidamente a algumas falhas ou alterações nas condições do mercado, bem como desenvolver avanços tecnológicos com o objectivo de favorecer algum tipo de vantagem competitiva.

Com isto é enfatizado o reconhecimento de uma transformação *Lean* como uma jornada e não como um processo técnico (Bhasin and Burcher, 2006; John Drew *et al.*, 2004).

Embora esta filosofia não mostre resultados imediatos, todos os seus benefícios, apenas surgem quando está associada ao processo base de melhoria contínua, capaz de manter os resultados ao longo do tempo, tendo que estar a empresa preparada para obter os efeitos a longo prazo.

De acordo com Peter Hines *et al.* (2008), para desenvolver uma estratégia eficaz e sustentável, para uma transformação *Lean* as empresas necessitam de abordar cada um dos seguintes elementos a todos os níveis da organização: alinhamento estratégico, liderança, comportamento e empenho, processos de gestão e tecnologia, instrumentos e técnicas.

Esta percepção é reiterada por John Drew *et al.* (2004) argumentando este que uma filosofia *Lean* exige a simultânea integração de três elementos: sistema operacional, a gestão das infra-estruturas e a gestão das mentalidades e comportamentos.

De acordo com este:

- O sistema operativo está no cerne de uma empresa *Lean*. Mais do que a execução de um sistema, é a forma como os recursos e ferramentas são orientados e geridos por uma organização, com o objectivo de criar valor para os clientes, minimizando as fontes de desperdício.
- A infra-estrutura de gestão consiste na estrutura da organização assim como dos processos e sistemas necessários para apoiar e manter o sistema operacional e garantir o alcance dos objectivos propostos.

- As mentalidades e os comportamentos representam as maneiras de pensar e de agir em todos os níveis da organização, sendo a cultura organizacional requerida para a implementação de uma filosofia Lean.

Além disso, o modelo de excelência *Lean* usa uma abordagem holística para gerir e melhorar todas as operações numa organização e em vez de otimizar peças ou processos individualmente, procura melhorar o sistema como um todo.

2.1.3 Princípios da mentalidade Lean

2.1.3.1 Os cinco princípios de Womack & Jones

Os criadores do termo “*Lean Thinking*” ampliaram os conceitos de “*Lean Production*” que tinham sido apresentados pelos mesmos em conjunto com Ross em 1992, estabelecendo as bases de uma mentalidade Lean em cinco princípios:

- Valor – o valor deve ser identificado a partir da óptica do cliente. Embora possa parecer óbvio, são inúmeros os exemplos de instituições que projectam os seus produtos e determinam a forma como os seus serviços são prestados, negligenciando aspectos fundamentais para os clientes.
- Cadeia de valor – é importante identificar os desperdícios presentes na sequência de processos que desenvolvem, produzem e entregam o valor ao cliente.
- Fluxo – o fluxo de produtos deve ser contínuo, ou seja, deverá ser feito peça a peça, sem a existência de stocks intermédios nem paragens, diminuindo assim os tempos de produção e aumentando a qualidade do produto final.
- Pull – os sistemas apenas devem funcionar de acordo com a procura, ou seja, não se deve produzir mais do que a quantidade realmente necessária no tempo certo, pois só assim se eliminam stocks.
- Perfeição – procurar a melhoria contínua, através da insatisfação com os níveis actuais de desempenho. Esta melhoria contínua em direcção à perfeição deve ser realizada com a participação de todos os níveis operacionais, identificando as causas dos problemas através de métodos específicos.

2.1.3.2 As quatro regras de Spear & Bowen

Spear & Bowen (1999) identificaram as quatro “regras” não explícitas, que estão na base de uma produção *Lean*:

- Trabalho – deve ser altamente específico quanto ao conteúdo, sequência, ritmo e output.
- Conexões – todas as comunicações devem ser directas e sem ambiguidades.
- Caminho – para todo o produto e ou serviço deve ser simples e directo.
- Melhorias – devem ser realizadas nos níveis mais baixos da hierarquia da organização utilizando um método científico.

2.1.3.3 As três capacidades de Fujimoto

Fujimoto (1999) elabora uma profunda análise ao TPS do ponto de vista evolutivo, identificando três níveis de capacidades da organização que explicam e mantêm a alta performance bem como a melhoria contínua:

- Capacidade de manufatura otimizada – relacionada com a forma padronizada e precisa de realizar actividades, em todos os processos da organização.
- Capacidade de aprender seguindo rotinas – existência de rotinas para a identificação de problemas e sua resolução
- Capacidade de adquirir conhecimentos – capacidade de adquirir conhecimentos através de acções intencionais.

2.1.3.4 Relação entre princípios, regras e capacidades

É possível entender as quatro regras de Spear & Bowen (1999) e as três capacidades de Fujimoto (1999) dentro dos cinco princípios enunciados por Womack & Jones (1998): as quatro regras acima descritas (trabalho, conexões, caminho e melhorias) podem ser relacionadas com o fluxo e o sistema *Pull* que constituem dois princípios enunciados por Womack & Jones. Do mesmo modo as melhorias e a capacidade de aprender segundo rotinas assim como a capacidade de adquirir conhecimentos estão relacionadas com o princípio do caminho para a perfeição.

2.1.4 Figura básica da Lean Production

Taiichi Ohno concebeu o sistema *Lean*, mas este conceito tem vindo a ser alargado pela introdução de novos conceitos e aprofundado por uma série notável de praticantes dos quais se destacam:

- Hiroyuki Hirano – introdução do sistema 5S
- Seiichi Nakajima – *Total productive maintenance* (TPM)
- Kenichi Sekine – *Continuous flow*
- Shigeo Shingo – *Jidoka e Single minute exchange of dies* (SMED)

Contudo, tem-se revelado uma tarefa bastante difícil no que respeita à implementação deste sistema como um todo, pelo que a tendência tem sido pôr em prática cada conteúdo desta filosofia isoladamente.

Embora os livros publicados, por Taiichi Ohno e pelo Professor Yasuhiro Monden da Universidade de Tsukuba, sejam uma inesgotável fonte de recursos, que descrevem minuciosamente o sistema produtivo da *Toyota*, devido à sua extensão e profundidade de conceitos, tendem a submergir quem é novo nesta filosofia, ou seja, os manuscritos dos autores enunciados anteriormente enquadram-se mais nos leitores que estão familiarizados com a filosofia *Lean* e que querem adquirir mais conhecimentos sobre esta.

Por outro lado, os livros redigidos por Jim Womack & Dan Jones aprofundam o apreço dado ao sistema produtivo da *Toyota*, enquadrando este sistema num contexto social e histórico. Womack & Jones continuam a abrir novos caminhos nesta cultura *Lean* embora os seus trabalhos não se destinem especificamente a pessoas que lidam no “terreno” com esta filosofia.

Em seguida encontra-se representada a chamada “casa da produção *Lean*”, que constitui a figura básica desta filosofia.

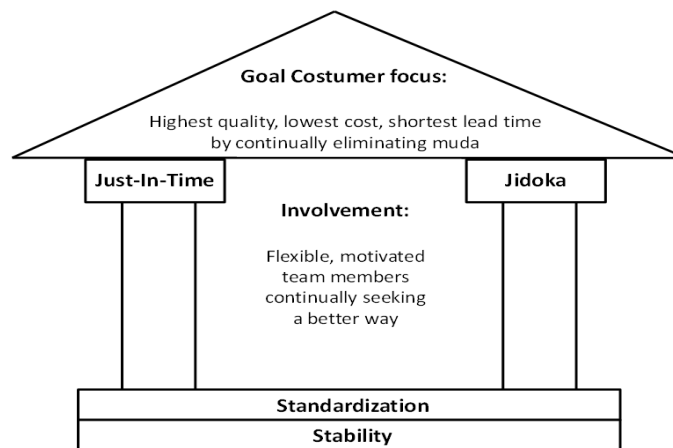


Figura 14. Imagem básica da Filosofia Lean.
 Fonte: Pascal Dennis, Lean Production Simplified, 2007.

Os alicerces, ou seja, as estruturas que mantêm qualquer edifício erguido, são constituídos pela estabilidade e pela standardização. As paredes desta casa são constituídas pelo JIT que está relacionado com o funcionamento dos sistemas, apenas quando estes são necessários (*Pull*), e pelo sistema *Jidoka*, que tem por base a detecção de defeitos por parte dos operadores ou maquinaria, podendo assim intervir rapidamente para que estes não sejam continuamente produzidos. O telhado é constituído pelos objectivos desta filosofia, objectivos estes que estão focalizados apenas no cliente, oferecendo-lhe produtos ou serviços com maior qualidade, a um preço reduzido, num período de tempo cada vez menor, através da contínua eliminação de desperdícios. No interior desta casa encontra-se o “coração” desta filosofia, constituído pelos responsáveis da implementação e melhoria deste sistema, que têm de ser bastante flexíveis e motivados para assim estarem continuamente a melhorar cada processo.

É importante ainda referir que cada uma destas actividades que constituem a “casa da *Lean Production*” está inter-relacionada e que o poder do TPS advém do contínuo reforço dos seus conceitos fundamentais.

A figura número 15 ilustra o enquadramento das várias actividades *Lean* onde se pode constatar que a base principal deste projecto (*Pull System*) está inserida num dos pilares que sustentam esta filosofia.

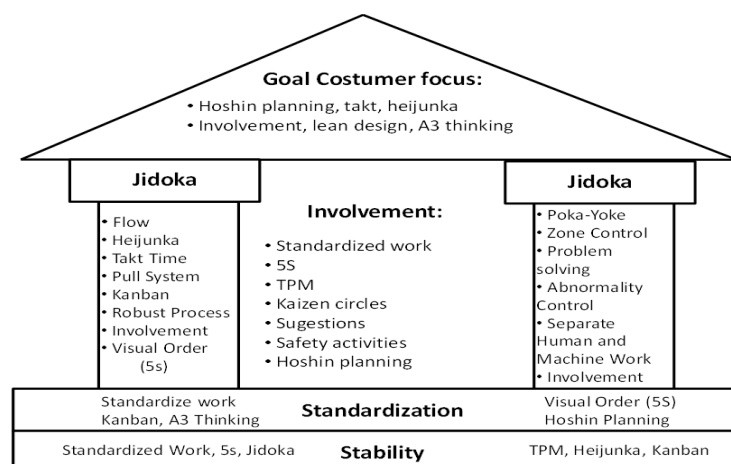


Figura 15. Actividades da filosofia Lean.
 Fonte: Pascal Dennis, Lean Production Simplified, 2007.

2.1.5 Muda

Certo dia, Taiichi Ohno, após observar o trabalho efectuado por um operador intrigou-se acerca do valor que este inculcia à cadeia de valor, pois sabia de antemão, que na maioria do tempo os operadores estavam a circular pelo *gemba* (ambiente fabril) sem acrescentar qualquer valor. Toda a actividade que não gera valor é então denominada por muda. Ohno foi a primeira pessoa a reconhecer a enorme fonte de desperdícios existente no ambiente de produção. Muda é assim a palavra japonesa para denominar desperdício, sendo este o oposto de valor. Por valor entende-se o que o consumidor está disposto a pagar, não estando este disposto a pagar por excesso de inventário e retrabalho, por exemplo. O fabrico é uma série de processos ou passos, que começam com a matéria-prima propriamente dita e acabam com o produto final ou serviço. Em cada um destes processos é adicionado valor, pelo operador ou pela máquina ao produto ou no caso de se tratar de um serviço, é adicionado valor na forma de um documento ou informação sendo de seguida os mesmos enviados para o processo seguinte, caso este exista.

Como se pode constatar através da figura seguinte, as diferentes operações realizadas pelos operadores podem ser divididas em três categorias distintas:

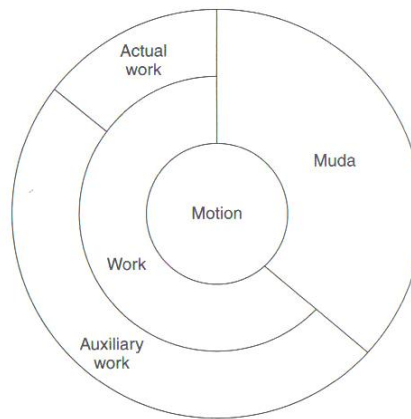


Figura 16. Trabalho Vs. Desperdícios.

Fonte: Pascal Dennis, Lean Production Simplified, 2007.

- *Actual work* – também designado por trabalho efectivo é constituído por todas as operações que adicionam valor ao produto/serviço.
- *Auxiliary work* – por trabalho auxiliar entende-se todas as operações que suportam o trabalho efectivo, ocorrendo geralmente antes ou depois deste.
- *Muda* – como já foi dito anteriormente, é todo o conjunto de actividades que não geram valor, sendo por isso consideradas, desperdício.

É importante referir que, o conjunto de desperdícios compreende operações como movimentos desnecessários, bem como o excesso de produção quando é elaborado um número de peças superior ao que o cliente deseja. Tudo o que é para além da quantidade mínima de equipamentos, materiais, componentes, espaço e tempo dos trabalhadores necessário para acrescentar valor ao produto/serviço também poderá ser visto como um conjunto de oportunidades para produzir um produto e ou serviço a um custo menor.

2.1.5.1 As s oito fontes de desperdício

Todos os desperdícios existentes num processo de produção podem ser subdivididos nas seguintes categorias:

1. Desperdício de movimentos;
2. Tempo de espera;
3. Transporte;
4. Correção de defeitos;
5. Excesso de processos;
6. Inventário;
7. Excesso de produção;
8. Desconexão de conhecimentos.

Desperdício de movimentos:

Qualquer movimento efectuado por um operador, que não está directamente relacionado com a adição de valor, é considerado improdutivo. Por exemplo, quando uma pessoa está a caminhar não está a incutir qualquer valor no processo produtivo. Este tipo de desperdício é constituído pela vertente humana e pela máquina envolvida no processo, estando o desperdício de movimento humano intimamente relacionado com normas ergonómicas do posto de trabalho. Quando estas normas, não são seguidas, tanto a produção como a qualidade e a segurança do trabalhador são afectadas. É importante salientar que os principais factores de risco em termos ergonómicos são a postura, a força necessária para operar correctamente e as repetições de acções, dependendo todas do desenho do posto de trabalho, portanto estas questões ergonómicas são a chave da eliminação dos desperdícios de movimentos.

Embora não seja rapidamente perceptível, os movimentos desnecessários por parte da máquina também existem, por exemplo quando a matéria-prima necessária ao processo está distanciada do aparelho utilizado para o processo.

Com o objectivo de eliminar este tipo de desperdício, é preciso ter uma boa observação da forma como cada operador utiliza as suas mãos e pernas, identificando assim possíveis percas.

Tempo de espera:

Outro tipo de desperdício, que pode ser observado diariamente, é o tempo de espera que ocorre quando um operador tem que esperar que lhe seja entregue material para poder laborar. Outro exemplo deste tipo de desperdício bem evidente é a espera realizada enquanto a máquina, associada ao processo trabalha na peça. Este desperdício de tempo também poderá ocorrer quando há um elevado *work in process* (WIP) devido aos grandes lotes de produção, ou referente a problemas nos equipamentos ou até a defeitos encontrados que necessitam de retrabalho.

É importante referir que, este tipo de desaproveitamento de tempo não está incluído nas sete categorias de desperdícios enunciadas por Ohno, mas como pude constatar no terreno, este tempo de espera está bem presente em todos os processos e deverá ser tido em conta, para realizar uma melhoria contínua.

Estes atrasos aumentam o chamado *lead time*, que é o tempo que vai desde que o cliente efectua a encomenda do produto até que o recebe, constituindo por isso um factor crítico numa filosofia *Lean*. *Lead time* pode ser então calculado através da seguinte fórmula:

$$\text{Lead Time} = \text{Tempo de Processamento} + \text{Tempo de Espera}$$

Pela observação da fórmula acima descrita, facilmente se poderá concluir que este *lead time* está intimamente relacionado com o tempo de espera, podendo este facilmente ultrapassar a duração de processamento, sendo assim mais uma razão para ter em conta a sua redução.

Uma outra conclusão que daqui se pode retirar é a importância da observação do processo pessoalmente, reconhecendo deste modo mais rapidamente, os vários tipos de desperdícios e assim tomar medidas para os eliminar, sendo que esta supressão, não requer qualquer tipo de fundo monetário para ser levada a avante, constituindo assim a maneira mais fácil de melhorar a produção.

Transporte:

O transporte de material é uma parte essencial do processo produtivo, embora esta actividade não acrescente qualquer valor ao produto ou material em curso, podendo mesmo ocorrer a danificação dos mesmos durante o seu transporte. O transporte, o tempo de espera e os desperdícios de movimentos são tipos de “lixo” da unidade fabril envolvente, bastante relacionados. Em suma, o transporte é necessariamente uma actividade de desperdício mas, é certo que, tem que haver fluxo de material, embora este tenha que ser minimizado ao máximo.

Correcção de defeitos:

O processo de rejeição de uma peça por defeito leva a uma interrupção na produção, que requer um dispendioso retrabalho. Inúmeras vezes estas peças defeituosas não estão em condições para serem reparadas ou o seu reparo não é compensatório, pelo que têm de ser descartadas – elevado desperdício de recursos e esforço. Devido à alta velocidade dos aparelhos de produção em massa, muitos defeitos apenas são detectados quando já foram produzidos outros tantos, gerando assim um maior número de peças que necessitam de intervenção. Para reduzir este número de peças com defeito é importante que estes aparelhos de produção sejam munidos de sistemas que permitam a sua rápida paragem.

Excesso de processos:

Por vezes tecnologia inadequada ou layouts desfavoráveis levam à geração de desperdício na produção propriamente dita. Excesso de processos está relacionado com o fazer mais do que o consumidor pretende, ou seja, não é produzido o que o cliente realmente procura mas sim, o que se consegue fazer.

Um bom exemplo desta não conformidade com o desejo real do consumidor foi o sucedido nos anos 80 com um grande produtor de automóveis, a Porsche. Os automóveis desta marca, daquela época, tinham grandes performances a 200 km/hora ou mais, mas em contrapartida um defeito apontado era a complexidade no processo de mudar o óleo que lubrificava o motor que garantia estas velocidades.

Este desperdício de processos muitas vezes é resultado de falhas na sincronização dos vários processos.

Inventário:

O inventário está relacionado com o armazenamento de matéria-prima, produtos acabados ou semi-acabados e até WIP, que não adicionam qualquer valor à cadeia. Este tipo de situações ocorre quando a produção é realizada mediante um plano previamente definido e quando a produção não está sincronizada com a procura do mercado, ou seja, quando não produz com base num sistema *Pull*, onde apenas é produzido na quantidade requerida pelo cliente e somente quando este emite uma ordem de produção/encomenda. Este tipo de desperdício, também acarreta outra

consequência além da anteriormente referida, que é a necessidade de ocupar uma maior quantidade de espaço para armazenamento, que por sua vez requer uma maior quantidade de mão-de-obra e administração. À medida que este material fica disponível e não é utilizado, fica sujeito a sofrer deteriorações ou até na pior das hipóteses a ser destruído, gerando assim prejuízos. Uma outra desvantagem aliada a este desperdício é a capacidade deste encobrir outro tipo de problemas existentes, como dificuldades relacionadas com qualidade e até absentismo. Baixos níveis de inventário são uma ajuda para a identificação de áreas críticas, auxiliando a lidar com os problemas ao mesmo tempo que eles surgem.

Excesso de produção:

O desperdício de produzir além do que é necessário, é causado por mentalidades de pessoas, que se preocupam em operar, não prestando por isso atenção a falhas mecânicas, defeitos ou absentismo, ficando assim com a ideia de que a sua função foi cumprida, apenas porque foi produzida uma quantidade mais elevada. Produzir além da quantidade efectivamente necessária, é o mesmo que estar a produzir algo que não será vendido.

De seguida irá ser apresentada uma lista de custos relacionada com este excesso:

- Construção e manutenção de armazéns maiores;
- Necessidade de operadores extra e maquinaria;
- Quantidades extra de material;
- Energia, electricidade e esforço extras;
- Excesso de carros logísticos, paletes, etc. ...
- Camuflagem de oportunidades de melhoria.

O excesso de produção também é a causa de outros tipos de desperdício, como por exemplo:

- Desperdícios de movimentos – os operários estão a produzir o que não foi encomendado;
- Tempo de espera – relacionado com o número de lote elevado;
- Transporte – a quantidade desnecessária de produtos acabados, precisa de ser armazenada e para isso tem que ser transportada;
- Defeitos – a detecção de defeitos, mais atempadamente, é impedido pela produção de grandes lotes;
- Inventário – o excesso de produção leva a uma maior necessidade de espaço.

De todos os tipos de desperdícios, o excesso de manufactura é sem dúvida o mais preocupante, pois transmite a todos os envolvidos sentimentos de segurança e conforto quando apenas estão a ser escondidos os verdadeiros problemas.

Resumidamente, quando é executada uma prevenção do excesso de produção, são dados grandes avanços para atingir os objectivos propostos.

Desconexão de conhecimentos:

Este tipo de desperdício acontece quando o fluxo de informação/comunicação, quer dentro do próprio ambiente fabril, quer entre este e os consumidores e fornecedores, não é suficiente. Estas desconexões dentro do ambiente fabril podem ser horizontais, verticais ou temporais e impedem o fluxo de conhecimento, ideias e de criatividade, criando frustração e oportunidades falhadas. Quando uma organização

está conectada com a voz do cliente, poderá produzir produtos consoante as suas necessidades, criando uma maior satisfação por parte deste. Quando uma empresa está aliada ao seu fornecedor, em conjunto podem identificar possíveis fontes de desperdício e agir em benefício mútuo.

Para detectar as diversas oportunidades de melhoria nos diferentes níveis da cadeia de valor, foi introduzido por Womack and Jones o conceito de *Value Stream Mapping* (VSM).

É necessário referir que para funcionar, baseado nos conceitos de produção *Lean*, não é apenas necessário a eliminação de desperdícios. Por exemplo a procura de um fluxo contínuo, para que assim seja praticado um conceito *Pull*, também tem como objectivo a estabilidade do sistema produtivo, para que assim, qualquer facto que impeça o fluxo contínuo seja rapidamente detectado e corrigido. A utilização de normas visuais para assim facilmente encontrar o que está no standard, não esquecendo também, a inclusão de todos os elementos afectos ao processo, pois estes são a fonte da melhoria contínua, constituem outros exemplos da produção baseada em conceitos *Lean*.

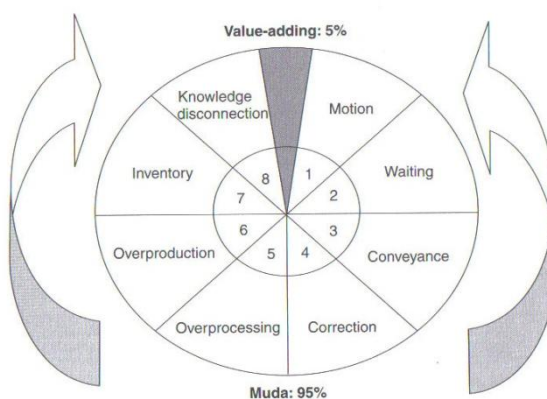


Figura 17. Oito tipos de desperdícios.

Fonte: Pascal Dennis, *Lean Production Simplified*, 2007.

2.1.5.2 Muda, Mura e Muri

Estas três palavras são usualmente utilizadas em conjunto e constituem os três MU's na cultura Japonesa. Mura significa irregularidade e Muri significa trabalho excessivo. É importante salientar que tanto Mura como Muri são tipos de desperdício e por isso devem ser eliminados.

Mura

Este conceito é utilizado para descrever desníveis ou flutuações na carga de trabalho de um operador, formando assim picos de trabalho. Ao deambular pelo ambiente fabril pode constatar este tipo de desperdício. Por exemplo quando está a ser executada a preparação de um queimador, existindo modelos de queimadores que necessitam de pouca preparação ao contrário de outros que necessitam de uma maior preparação e com isto um maior tempo dispendido para a preparação dos mesmos, estando os operadores metade do turno a produzir um queimador que necessite de maior trabalho e com isto um maior esforço e na outra metade do turno estão a produzir um tipo de queimador mais simples que não necessita de tanto esforço.

Uma filosofia *Lean*, procura reduzir este tipo de desperdício através de técnicas como *heijunka* ou através de técnicas de *levelling* executando assim um nivelamento da produção.

Muri

Este tipo de *Muda* está associado às condições extenuantes, tanto para o operador, como para a máquina, bem como para o processo, ou seja, significa o trabalho pesado causado pelas variações de produção, pela falta de ergonomia no posto de trabalho ou até pela utilização de ferramentas que não são apropriadas ao processo, entre outras causas.

Este desperdício também poderá ocorrer, por exemplo, quando um operador novo ao processo é seleccionado para executar as tarefas que outrora eram efectuadas por um trabalhador experiente, sem que tenha, para isso, tido qualquer tipo de treino. Como consequência desta situação o novo operador irá necessitar de um esforço acrescido para executar estas novas tarefas, podendo ser mais lento e cometer erros em relação ao operador experiente, criando assim desperdício. Para evitar este tipo de situações é importante que em cada secção haja uma rotatividade dos operadores pelos diferentes postos, adquirindo assim conhecimentos e práticas, ficando aptos a laborar em qualquer posto da secção ou mesmo da fábrica, não levando assim a uma exaustão por parte do operador por estar sempre a executar as mesmas tarefas repetidamente.

De seguida irá ser apresentado um exemplo que enfatiza a relação entre os três MU's Muda, Mura e Muri que também tive oportunidade de presenciar:

Um operador logístico ao efectuar o transporte de produto acabado, da linha para o supermercado, tinha um total de seis caixas e o carro que normalmente usa para fazer o transporte tem apenas capacidade para 2 caixas.

Duvida: qual seria a melhor opção para efectuar esta tarefa com o mínimo de desperdício?

Muda: fazê-lo em seis viagens ao supermercado, carregando uma caixa de cada vez.

Mura: efectuar 2 viagens transportando duas caixas por viagem e duas viagens transportando uma caixa em cada.

Muri: transportar três caixas de cada vez e efectuar apenas duas viagens, excedendo assim o limite do carro.

Neste caso a melhor opção seria efectuar três viagens levando em cada uma duas caixas de produto acabado, doseando assim a carga que era preciso ser transportada sem atingir o limite máximo do carro.

2.1.6 Benefícios da implementação de um sistema Lean

A maioria da literatura referente a esta filosofia defende empiricamente que, a implementação de um sistema *Lean*, aumenta substancialmente o nível de competitividade da instituição. Esta filosofia está também frequentemente associada a diversos benefícios, tais como a redução de inventário, a redução dos tempos de ciclo, o aumento da qualidade e flexibilidade, assim como o aumento da satisfação por parte do consumidor. Segundo um estudo incidente nos níveis de produção dos Estados Unidos e Reino Unido, levado a cabo pela EEF (*Engineering Employers Federation*) (2001), existe uma ligação entre a adopção dos princípios *Lean* e o aumento da produtividade e rentabilidade.

Por outro lado, tendo por base vários anos de investigação, Womack And Jones (2003) reportam os seguintes melhoramentos decorrentes de uma implementação *Lean*:

Tabela 1. Melhorias decorrentes de uma implementação Lean.

	Início da implementação Lean	Melhoria contínua
Produtividade do trabalho	Duplica	Duplica novamente
Tempo de ciclo	90% de Redução	50% de Redução
Inventário	90% de Redução	50% de Redução
Reclamações	50% de Redução	50% de Redução
Scrap	50% de Redução	50% de Redução
Time-to-Market (novo produto)	50% de Redução	50% de Redução

Os valores referentes à coluna do início da implementação constituem os resultados esperados pelo esforço inicial da conversão com o alinhamento da cadeia de valor. Por outro lado, os valores referentes à coluna da melhoria contínua são os resultados esperados a longo prazo devido ao contínuo aperfeiçoamento desta filosofia, dentro da organização.

Por sua vez Kirk Bozdogan *et al.* (2000), do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), argumenta que os benefícios da transição para uma organização *Lean* se dão, tanto nas operações fabris, como em áreas para além desta.

Mesmo hoje em dia, as organizações recorrem à implementação de um sistema deste género, apenas para obter melhorias a nível operacional, basicamente devido à ideia que, um sistema destes, apenas está relacionado com o nível operacional de negócio. Contudo, esta ideia é posta de parte devido a estudos reportados que concluem que os benefícios organizacionais e estratégicos gerados pela adopção de um sistema *Lean* são igualmente importantes.

De facto, os benefícios da implementação de uma filosofia de produção *Lean* podem ser divididos em três categorias diferentes: operacionais, organizacionais e melhorias estratégicas (Jerry Kilpatrick, 2003).

Melhorias a nível Operacional

De acordo com o *Lean Enterprise Institute* (www.lean.org), as instituições que se convertem a uma produção *Lean* irão obter os seguintes resultados típicos:

- Redução dos tempos de ciclo em cerca de 70 a 90%
- Aumento da produção de 20 a 30%
- Redução do WIP e inventário, em cerca de 80%
- Aumento da qualidade reduzindo cerca de 90% de defeitos.
- Redução de 40% no espaço total utilizado para o fabrico.

Melhorias a nível Organizacional

A implementação de um sistema produtivo *Lean* fornece benefícios operacionais e económicos para a organização, bem como outros benefícios menos tangíveis. A estrutura organizacional, com esta mudança, passa de uma estrutura dita vertical, para uma estrutura horizontal, alinhando as actividades de geração de valor com as necessidades do consumidor (Peter Hines *et al.*, 2008). São também criados canais de comunicação onde toda a informação pode fluir entre os vários processos de produção. (J.M. Morley & T. L. Doolen, 2006; Monica Tracey & J. Flinchbaugh, 2006).

Por fim, todos os processos passam a ser descentralizados para assim melhor apurar responsabilidades (Kirk Bozdogan *et al.*, 2000).

Melhorias a nível Estratégico

É um facto que, inúmeras organizações que implementam uma filosofia *Lean*, não retiram adequadamente proveito das melhorias que sofrem. Recentemente um estudo elaborado por Aberdeen Group mostra que cerca de 66% das companhias, acredita que uma redução nos custos de fabrico e na cadeia de abastecimento são o ponto-chave para uma iniciativa *Lean* (Jerry K. & Robert O., 2006).

O conceito *Lean* tem primariamente sido associado a uma redução de custos prioritária e não tem sido associado ao seu verdadeiro sentido de estratégia de mercado dominante. Contudo, se as organizações se focarem mais nos seus objectivos de crescimento, vão rapidamente perceber que, ao melhorar continuamente os processos e ao criar flexibilidade de resposta às condições de procura, novas oportunidades de negócios irão surgir, quer em novos mercados, quer em mercados já explorados pela organização.

2.1.7 Processo de manufactura interno

Devido ao enquadramento deste projecto, é importante fazer referência à desigualdade existente entre o processo de manufactura convencional e a produção baseada em princípios *Lean*. A filosofia *Lean* é construída em volta de um conceito de fluxo contínuo de material, o que não acontece num processo de produção tradicional onde impera um sistema *Push*. Por outro lado, a produção tradicional é feita em lotes demasiado grandes, o que por vezes, dificulta a detecção de defeitos e quando estes são encontrados, já foram produzidas uma quantidade significativa de peças com o defeito.

Contrariamente, o sistema de produção *Lean* é estruturado para garantir o fluxo contínuo na cadeia de valor, sendo utilizados conceitos como *one-piece-flow* e JIT (*Pull*). Além do anteriormente referido, é realizada uma abordagem para a eliminação de desperdícios, através da redução dos custos totais do processo produtivo global, usando um sistema de melhoria contínua (Womack & Jones, 2003). No entanto, o sistema de produção *Lean* é suportado por simples métodos e ferramentas para eliminar operações e actividades que não criem valor, tendo sempre em mente, entregar o valor que os clientes procuram nos produtos que adquirem.

É de salientar que a intenção destes métodos e ferramentas é simplificar tanto o esforço humano como a área de trabalho, melhorando a qualidade, reduzindo os tempos de ciclo e alertando todos os intervenientes no processo de produção, para a importância das actividades que gerem valor para o consumidor.

Existem cinco elementos principais, necessários para apoiar o processo produtivo numa cultura *Lean*: (1) Fluxo no processo produtivo, (2) Organização, (3) Controle de processo, (4) Métricas, e por fim (5) Logístico (Feld, William M., 2001).

O fluxo, ao longo da cadeia produtiva, diz respeito às alterações físicas e de design efectuado em cada célula de trabalho. Quanto ao princípio da organização, este estabelece as funções e regras de cada operário e introduz novas formas de comunicar e trabalhar. Por sua vez o controle de processo, efectua a monitorização e controle assim como a estabilização e o melhoramento do processo produtivo.

Quanto às métricas, estas implicam o estabelecimento de resultados visíveis, baseados em medidas de performance. Por fim, em relação ao elemento logístico, este define as regras operacionais, os mecanismos de planeamento e o controle do fluxo de material.

2.1.8 Críticas à filosofia Lean

É um facto que, esta filosofia de produção tem sido alvo de algumas críticas sendo mesmo referenciadas algumas lacunas deste sistema. A maioria da literatura referente a este tema, aponta como principais pontos negativos desta filosofia, a falta de consideração pelos aspectos humanos, a falta de uma perspectiva estratégica e a falta de agilidade para lidar com a variabilidade.

Aspectos Humanos

Um aspecto bastante comentado, pela opinião crítica está relacionado com os efeitos que um sistema de produção *Lean* tem na vida profissional de um operador. Segundo Papadopoulos & Ozbayrak (2005) e através da referência a um projecto financiado pela Universidade de Cambridge (2003), é mencionado que a implementação de um sistema de produção *Lean* provoca um elevado nível de stress, o que futuramente irá aumentar a taxa de operadores que utilizam o absentismo, chegando a desligar-se da empresa. É um facto que, os estudos realizados pela indústria automóvel sugerem que a produção *Lean* necessita de um maior esforço por parte dos operadores para assim conseguirem atender às necessidades de mercado. Embora os autores destes estudos não consigam obter um amplo apoio das suas opiniões, acabam por realçar um ponto importantíssimo - o factor Humano orientado pela motivação, inovação e respeito (MIT, 2000).

Falta de perspectiva estratégica

A quase ausência total de discussão sobre o nível estratégico nos programas *Lean* constitui uma forte crítica a esta filosofia. As abordagens mais comuns a este sistema estão relacionadas com o fabrico e os processos operacionais, que exibem uma compreensão limitada do processo de transição necessário para efectuar a ligação entre a situação presente e a futura, levando assim à falta de sustentabilidade de muitas implementações *Lean*.

Lidar com a variabilidade

Outro ponto central da crítica a este tipo de produção, está relacionado com a capacidade dos sistemas de produção e das cadeias de fornecedores de um sistema *Lean*, reagirem às variações provocadas pelo mercado. Tanto a sazonalidade, como a variabilidade da procura, as flutuações da oferta e os tempos de ciclo associados, não são facilmente identificados e quantificados no VSM (Kilpatrick and Osborne, 2006). Com o objectivo de agregar valor ao cliente, as abordagens *Lean* desenvolveram novas ferramentas para assim melhor lidarem com a variabilidade, como é o caso do *levelling*. Contudo, nos tempos que correm, estas ferramentas constituem dificilmente a resposta para as inúmeras variações que surgem no mercado de consumo, embora seja de notar os diversos esforços desenvolvidos para encontrar soluções mais ágeis e eficientes, para lidar com a diversidade de procura dos clientes, através da criação de cadeias de abastecimento virtuais e com uma maior utilização de ferramentas de comunicação.

2.1.9 Dificuldades da implementação de um sistema Lean

Inúmeros casos de estudo relatam que diversas instituições, ao implementarem uma filosofia de produção *Lean*, encontraram dificuldades no processo de transição para este novo sistema, além de ser um processo moroso.

Os autores que se debruçaram no estudo destes casos, alertam para o enorme esforço necessário, por parte de todos os níveis hierárquicos de cada instituição, bem como a necessidade de introdução de novos princípios, quer na cultura, quer na própria estrutura organizacional, para ultrapassar este processo de transição. Por todas estas razões, este procedimento de transição é moroso, complexo e stressante e pode acarretar inúmeras incertezas caso não seja elaborado segundo orientações claras para a transição, embora este processo varie substancialmente de caso para caso (Papadopoulos & Ozbayrak). Em suma, o processo de transformação de uma instituição tendo por base uma filosofia *Lean*, é um processo dinâmico e único para cada organização.

2.1.10 Razões para a falha de um sistema Lean

A implementação de um sistema *Lean*, tal como outro processo qualquer que envolva mudança na gestão empresarial, é previsível que esteja aliado a enormes dificuldades (Ketinger and Grover, 1995). Na tabela seguinte estão ilustrados os dez problemas mais frequentes da implementação de novas decisões estratégicas, segundo Larry, A.D. (1985).

Tabela 2. Problemas mais frequentes de uma implementação *Lean*.

Problemas frequentes da implementação	%
Implementação demora mais do que o planeado	76
Ocorrência dos principais problemas imprevistos	74
Coordenações das actividades de implementação não são suficientemente eficazes	66
Actividades da concorrência desviam as atenções da implementação	64
Falta de competências e habilidade por parte da equipa de execução	63
Formação e distribuição de informação aos níveis mais baixos da hierarquia não são suficientes	62
Factores incontroláveis do ambiente externam que afectam a implementação	60
Liderança e direcção fornecida pelo departamento de gestão não são suficientes	59
Principais tarefas e actividades da implementação não estão definidas com detalhe suficiente	56
Sistemas informáticos utilizados para monitorizar a mudança não são adequados	56

Emiliani & Stec (2005) referem-se a um inquérito realizado pelo *Lean Enterprise Institute* realizado em 2004, que relata o estado da filosofia *Lean*, baseando-se para tal numa amostra de 999 participantes. De acordo com este inquérito, apenas 4% dos participantes descreveram os seus progressos como avançados, enquanto que 46% dos inquiridos descreveram as suas implementações *Lean*, como estando ainda numa fase muito preliminar. Este estudo também identificou obstáculos comuns aos inquiridos, que surgiram na implementação de um sistema deste género, como é o caso do retrocesso para os antigos métodos de trabalho, as lacunas na implementação do *know-how* ou até a ausência de um sinal alarmante para criar um senso de urgência entre outros.

Uma grande quantidade de outros autores identificou uma série de novos factores, como sendo possíveis razões para a falha da implementação de um sistema *Lean*. Estes factores proeminentes irão ser em seguida enunciados sendo resumidos e classificados segundo uma abordagem estratégica, holística, necessária e estrutural,

de natureza operacional e organizacional, essencial para promover a eficácia e a eficiência para a implementação das mudanças, que um sistema *Lean* acarreta.

- Estratégica – refere-se ao plano de acções a longo prazo, destinadas a fortalecer e construir uma visão comum, gerando resultados diferenciados.
- Agenciamento – diz respeito a actividades de gestão como planeamento, organização, liderança, controlo e gestão de atitudes.
- Estrutural – relacionado com os elementos e recursos necessários, para aumentar a capacidade do sistema, com o objectivo de suportar as mudanças.
- Organizacional – respeitante a um determinado conjunto de valores e normas, que devem ser partilhados por todos os elementos de uma organização, controlando assim todas as interações entre estes, apoiando deste modo as mudanças organizacionais.
- Operacional – refere-se aos processos e acções necessárias para implementar e manter um bom desempenho das actuações de melhoria.

2.2 Bosch Production System (BPS)

O BPS consiste numa criação do grupo BOSCH, com o objectivo de ser utilizado por todo o grupo. Esta iniciativa assenta em oito princípios e tem por base a gestão integrada da cadeia de valor. Os dois principais objectivos desta ferramenta são a redução dos desperdícios existentes em todos os processos, tornando-os mais simples, transparentes e flexíveis e por fim o envolvimento de todos os colaboradores no seu trabalho diário, de modo a ultrapassar as expectativas dos clientes e a melhorar a rentabilidade da empresa.

2.2.1 Princípios BPS

Através dos oito princípios que sustentam esta filosofia é possível produzir o produto certo, na quantidade que o cliente deseja, a um preço justo, no *timing* certo e no local certo. Uma grande variedade de ferramentas desde TPM a Q-TOOLS, ou desde os 5S a filosofias Poka-yoke permitem por em prática a filosofia BPS. Estes princípios são:

Orientação ao Processo – se os postos estiverem orientados por processo há redução de desperdício e aumento de eficiência.

Sistema a Puxar (Pull) – produzir apenas o que o cliente deseja, no momento certo, na quantidade certa, nem antes nem depois.

Normalização – criar standards, para assim adoptar e tornar habituais os melhores métodos.

Qualidade Perfeita – Em cada posto de trabalho, o operador não deve receber peças com defeito, não deve produzir defeitos e por conseguinte não deve enviar peças defeituosas para o processo seguinte.

Flexibilidade – O cliente espera flexibilidade por parte da organização, para assim conseguir responder rapidamente aos diferentes pedidos.

Processos Transparentes – Num processo transparente, todos os seus intervenientes sabem o caminho para atingir os objectivos.

CIP – Melhoria contínua e eliminação de desperdícios.

Envolvimento e Delegação de Poder aos Colaboradores – O envolvimento dos colaboradores é extremamente importante, pois estes conhecem os processos onde trabalham todos os dias, melhor do que ninguém.

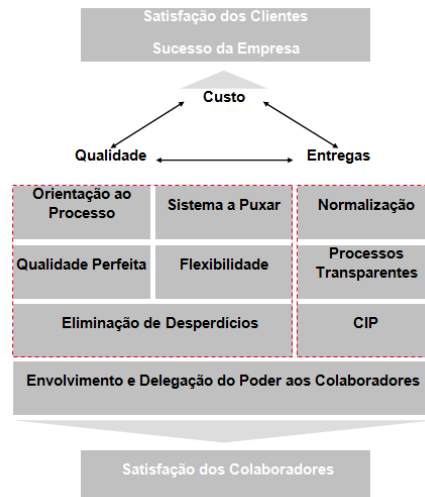


Figura 18. Funcionamento global BPS.
Fonte: BOSCH, Princípios BPS . BOSCH, 2007.

2.2.2 Global Standards

Por outro lado, os *Global Standards* são essenciais para o desenvolvimento da instituição, pois é através dos desvios em relação a estes, que são reconhecidas potenciais oportunidades de melhoria, permitindo assim avaliar o sucesso da implementação BPS. No total existem seis *Global Standards* que facilitam a implementação de processos eficientes. A implementação e o seguimento destes standards facilitam a cooperação e a partilha de experiências, entre as diferentes organizações do Grupo BOSCH.

Value Stream Planning - O VSP é uma forma estruturada de planear a melhoria do fluxo de materiais e de informação.

Planning Guideline - O *Planning Guideline* combina o desenvolvimento do produto com o planeamento da produção – constituindo assim as bases para uma produção *Lean*.

Nivelamento - O *levelling* estabiliza a cadeia de valor permitindo a optimização dos processos produtivos.

Sistema Pull - O sistema a puxar garante que só produzimos aquilo que o cliente consome.

Andon - Os sistemas *Andon* transmitem o estado actual da produção de forma visível e audível, para garantir uma reacção rápida aos problemas encontrados.

Trabalho Normalizado - É a forma mais eficiente e eficaz de operar um processo. Os desvios ao trabalho normalizado são a base para a melhoria contínua (CIP).

2.2.3 Elementos e ferramentas BPS

Os elementos e ferramentas BPS estão distribuídos por quatro campos de acção sendo estes: tópicos gerais, qualidade, produção e logística, estando o objectivo deste projecto inserido neste último factor.

Estes componentes do BPS permitem a sua implementação e asseguram que os princípios BPS são postos em prática diariamente. É importante referir que estes elementos são seleccionados tendo em conta uma análise das métricas recolhidas aquando do estudo da situação inicial.



Figura 19. Campos de acção BPS.

2.2.3.1 Value Stream Mapping (VSM)

Uma ferramenta designada por VSM, fornece recursos para facilmente reconhecer e comunicar o que está a suceder, permitindo assim uma intervenção rápida e com sucesso para a eliminação de desperdícios. Quando todas as possíveis acções de melhoria estão identificadas e assinaladas, está então na altura de idealizar o funcionamento do sistema para o futuro. Esta imagem do sistema futuro pode ser passada para o papel constituindo assim o VSD.

Como já foi anteriormente referido, o ponto de partida para uma filosofia *Lean* é o “valor”, conforme é definido pelo cliente final. *Value stream*, ou cadeia de valor, abrange todo o conjunto de acções necessárias à obtenção do produto final, podendo estas acções ter ou não valor acrescentado. Deste conjunto de acções fazem parte todas as actividades, desde a produção de matéria-prima por parte de fornecedores, até ao produto acabado que é fornecido ao cliente final ou ao consumidor, contemplando também toda a informação trocada pelos intervenientes da cadeia de valor.

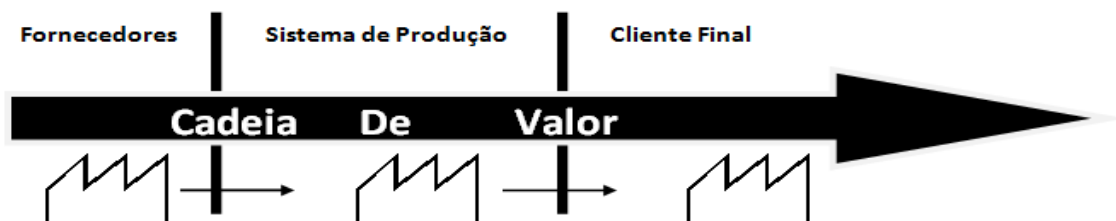


Figura 20. Cadeia de Valor.

Fonte: M. Rother & J. Shook, Learning to See. Brookline, 2003, pp. iii.

VSM é uma importante ferramenta, onde está presente todo o fluxo de informação e materiais necessários à construção do produto final, ou seja, é o mapeamento de toda a cadeia de valor. Em suma, esta actividade consiste em seguir todas as etapas de produção de um produto, desde o cliente até ao fornecedor e desenhar uma representação visual de todos os processos intervenientes, bem como de todo o fluxo de informação associado.

Este desenho da situação actual é constituído por várias fases:

1. Escolher o produto do qual se pretende representar o fluxo, ao longo da cadeia.
2. Representar o cliente final e todas as partes envolvidas na evolução do produto.
3. Desenhar o fluxo do produto ao longo da cadeia.
4. Recolher e representar, dados de processos.
5. Estudar e representar a forma segundo a qual é trocada a informação ao longo da cadeia.
6. Recolher as quantidades de material em curso.
7. Escrever quantidades de inventário e calcular respectivos *lead times*.
8. Incluir problemas actuais em flashes.

Existe um número leque de razões, que fundamentam a utilização do VSM para o início da implementação de um sistema *Lean*, das quais se podem destacar:

- Facilita a identificação das fontes de desperdício presentes ao longo da cadeia de valor.
- Auxilia a visualizar a cadeia, como sendo mais do que um conjunto de processos simples, isolados entre si.
- Ajuda a detectar as fontes de desperdício presentes na cadeia de valor.
- Fornece uma linguagem comum no que toca ao processo de fabrico.
- Concilia conceitos e técnicas *Lean*.
- Forma a base de um plano de implementação.
- Mostra a conexão entre o fluxo de informação e o fluxo de materiais.
- É muito mais útil em comparação com ferramentas quantitativas ou diagramas, que reproduzem um registo dos desperdícios em cada etapa.

Após a concepção técnica desta imagem da realidade, esta terá de ser alvo de uma análise profunda, que consistirá em identificar os inúmeros pontos onde os princípios de uma produção *Lean* podem ser aplicados. Por exemplo, transformar um sistema *Push* num sistema *Pull*, eliminar actividades não geradoras de valor, reduzir os tempos de ciclo bem como os tempos de *changeover*, simplificação dos processos de cada operário, melhorar o fluxo de informação entre etapas e entre etapas de melhoria específica, entre outras.

Pode então concluir-se que, esta ferramenta é deveras importante para acções de melhoria contínua, sendo a base para o desenho de uma situação futura, onde a eliminação das variáveis muda (desperdícios), está bem latente.

2.2.3.2 Value Stream Design (VSD)

Quando todas as possíveis melhorias estão contempladas e identificadas, o próximo passo será o desenvolvimento do VSD, que consiste no desenho da situação futura ou situação ideal, onde a redução de desperdícios é uma prioridade, para assim criar melhores, mais seguros e mais produtivos locais de trabalho. É importante que este novo modelo seja testado perante o modelo actual para assim garantir que as mudanças idealizadas possam ser implementadas.

Por vezes as práticas *Lean* são dificultadas por factores organizacionais, pelo que é importante prever quais serão estes factores, para assim os ajustar nesta fase de desenho e não na fase de implementação. Para esta eliminação de desperdícios, referida anteriormente, irão contribuir vários aspectos que serão referenciados no desenho da situação futura da cadeia de valor (VSD) entre os quais se pode destacar:

- Para cada processo isoladamente, deve haver a preocupação de produzir o que mais se enquadra nas necessidades do consumidor final e apenas quando este necessita.
- A inter-relação entre os vários processos e o cliente deve reflectir-se no que normalmente se designa por fluxo.
- O conjunto dos processos individuais devem estar correlacionados entre si e ligados ao consumidor final.

Para abranger todos estes factores é importante responder a questões cruciais como:

1. Qual o *takt time*?

É importante fazer a comparação entre o tempo de ciclo de cada processo e o *takt time* do processo no seu todo, detectando assim causas de alarme.

2. Qual o canal de distribuição adoptado?

Para este caso existem duas situações possíveis, o produto acabado é enviado directamente para o consumidor final ou é guardado em supermercados específicos para o efeito. Uma vez que actualmente, a maioria das indústrias produzem mais do que um tipo de produto e como as vendas são em grande parte das vezes imprevisíveis, a construção de um supermercado de produto acabado é quase sempre a melhor opção. É certo que assim um dos sete tipos de desperdício, o nível de stock, sofrerá aumentos significativos mas nestas situações o nível de stock é controlado por cada empresa e não o contrário.

3. Qual o número de operadores necessários ao processo? É possível a implementação da filosofia *One-Piece-Flow*?

O objectivo para estas situações é que todos os operadores laborem ao mesmo ritmo, sendo este constante, permitindo assim o fluxo graduado de matéria-prima.

4. O que fazer se uma filosofia *One-Piece-flow* não for possível?

Quando este conceito não é aplicável, deverá ser posto em prática um sistema *Pull*, recorrendo por exemplo ao uso de cartões *Kanban*, para assim saber quando é necessário produzir e quando não o é.

5. Como melhorar a comunicação e definir o processo *pacemaker*?

A decisão de onde será feito o planeamento da produção é importantíssima no desenrolar de todo o processo. É indispensável referenciar que o *pacemaker* é entendido como processo mais próximo do consumidor. A comunicação entre clientes e fornecedores também detém elevada importância visto ser através desta que, ambas as partes se preparam para os picos/oscilações da procura.

2.3 Sistema Pull

2.3.1 Introdução ao Sistema Pull

Em seguida e devido á importância do conceito para o desenvolvimento de todo o trabalho será realizada uma exposição global do sistema *Pull*.

2.3.1.1 Descrição

Este projecto dará maior ênfase ao conceito de sistema *Pull* (palavra inglesa que significa puxar) e sua implementação recorrendo aos seus princípios para assim promover acções de melhoria numa secção da fábrica, onde se opera segundo uma filosofia *Lean*. Na presença de um sistema *Pull* ninguém a montante deve produzir um bem ou serviço até que o cliente a jusante assim o exija. Quando esse pedido existir, deverá ser realizado o mais rapidamente possível.

Pull – flow é a designação dada quando o produto é “puxado ” pelo cliente, onde apenas é produzido o necessário facilitando assim grande parte do trabalho de planeamento de produção. É importante referir que a comunicação entre os diferentes processos produtivos é permanente, que a variabilidade da procura é eliminada e estão sempre presentes baixos índices de WIP e inventário, bem como lotes de pequena dimensão.

Antes do funcionamento de um processo baseado no conceito *Pull* é seguida uma lógica que se inicia com a entrada da ordem de encomenda a que se segue a produção e no final a entrega ao cliente, funcionando como um ciclo. Mais concretamente este ciclo é composto essencialmente por quatro etapas. Começa numa primeira fase com uma análise da procura (previsões ou pedidos de clientes), posteriormente estes dados são comparados com o inventário actual. De seguida é feito o reconhecimento da “*backward scheduling*” e por fim é feita a actualização da ordem de produção sendo enviada para o pré-processo.

Como contraste a este funcionamento, no processo *Pull* todos os pré-processos são controlados com base no consumo, seguindo por isso uma lógica completamente diferente da anterior. É realizada a ordem de encomenda e é feita a entrega e só depois é realizada a produção. O conceito *Pull* é caracterizado essencialmente por uma produção controlada pelas necessidades do cliente, em oposição à lógica tradicional de *Push*, onde os produtos são empurrados para os clientes independentemente das suas necessidades, resultando assim um elevado desperdício que deverá ser eliminado para assim poder lidar com a competitividade entre empresas.

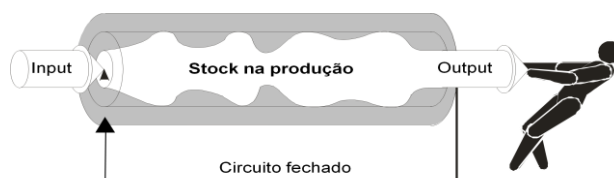


Figura 21. Princípio *Pull* – “Puxar”.

Fonte: BOSCH, Dimensionamento de supermercados. BOSCH, 2008.



Figura 22. Princípio *Push* – “Empurrar”.

Fonte: BOSCH, Dimensionamento de supermercados. BOSCH, 2008.

Em suma, a principal característica de um sistema *Pull* é o fluxo de material e de informação entre processos sendo a produção controlada no *gemba*, enquanto o sistema *Push* se destaca por cada processo ser controlado individualmente pois há falta de fluxo de informação entre os processos.

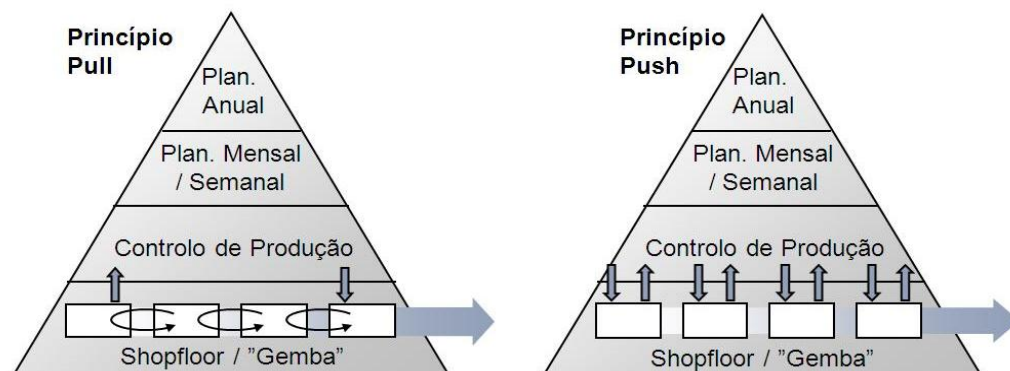


Figura 23. Princípio *Pull* Vs Princípio *Push*.

Fonte: BOSCH, Dimensionamento de supermercados. BOSCH, 2008.

Em qualquer empresa do grupo Bosch os clientes são servidos conforme os seus pedidos, ou seja, estes clientes colocam as suas encomendas à empresa que por sua vez informa os seus fornecedores daquilo que necessita. Assim a informação propaga-se ao longo da cadeia de valor (fluxo de informação) desde os clientes até aos fornecedores. Por outro lado, o material necessário ao fabrico do produto final percorre várias fases, iniciando-se nos fornecedores na forma de matéria-prima e acabando como produto final no cliente, verificando-se assim um fluxo de material desde os fornecedores até ao cliente final, ou seja, no sentido inverso do fluxo de informação.

O objectivo principal deste tipo de sistema é a optimização do fluxo de materiais, sendo um aspecto fundamental para o sincronismo entre a Produção e a Logística pois a ideia base subjacente a este conceito é produzir na quantidade certa na altura certa, praticando os princípios JIT ao longo da cadeia de valor. Por outro lado o conceito *Pull* é crucial para o cumprimento de um dos pilares da filosofia *Lean*, o JIT, pois torna visíveis as necessidades dos clientes sendo assim possível servir estes tendo sempre presente o alcance da qualidade máxima aliada à redução dos custos de produção e tempos de entrega.

Tabela 3. Aspectos gerais dos princípios *Pull* e *Push*.

	Pull	Push
Focagem	Estratégia de Execução/ Operações físicas	Estratégia de planeamento / sistema de informação
Taxa de Output	Nível de programação	Plano de produção variável
Autorização do trabalho	Kanban (puxar)	Plano director (empurrar)
Filosofia em termos de informação	Minimizar informação recolhida	Recolher toda a informação
Pessoal Afecto	Diminuição	Aumento
Formas de Controlo	Oficial / visual / operários da linha	Quadros médios / relatórios / técnicas
Ajustamento de capacidades	Visual / imediato	Planeamento das capacidades Requeridas / adiado

2.3.1.2 Três tipos de sistemas Pull

A escolha do sistema *Pull* adequado é uma estratégia importante para a implementação de uma filosofia *Lean*. Existem três tipos fundamentais de sistemas *Pull* que irão ser descritos em seguida.

Sistema *Pull* tipo A

Este tipo de sistema é o mais comum e requer a reposição de produto acabado e matéria-prima quando estes são consumidos pelo cliente. Através de cartões *Kanban* é fornecida a ordem de produção com base numa *Heijunka box* (conceito utilizado para a atingir o fluxo suave de produção) onde os cartões são colocados.

O supermercado de produto acabado encontra-se no final de cada linha de produção. O tamanho deste irá depender da taxa de produção bem como da procura por parte do cliente. Todas as matérias-primas necessárias à produção estão disponíveis na área de produção, normalmente em pequenos supermercados ou armários específicos para o efeito.

Este tipo de sistema *Pull* tem um melhor funcionamento quando as ordens de encomenda dos clientes são frequentes e quando o tempo de execução (*Lead Time*) é curto e estável. Neste género de sistema é necessário algum stock de produto acabado assim como WIP, tendo como grande desafio a sua contínua redução. É de notar que a proporção de WIP e a quantidade de produto acabado é inversamente proporcional à capacidade do processo.

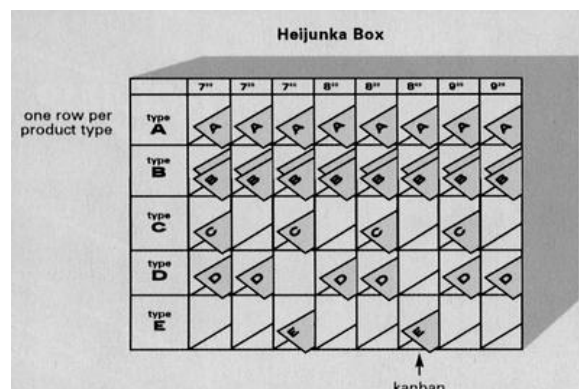


Figura 24. Heijunka box.

Fonte: “Heijunka: Leveling Production,” published in “Manufacturing Engineering” magazine, August 2006.

Sistema *Pull* Tipo B

Este género de sistema *Pull*, é utilizado quando as ordens de produção têm uma frequência baixa e o tempo de execução (*Lead Time*) é longo. O processo de fabrico neste sistema é sequencial e regido por uma filosofia FIFO (*First In, First Out*), onde os produtos são laborados consoante a sua ordem de chegada a cada posto de trabalho. Novamente a autorização para a realização de produção é fornecida por cartões *Kanban*, mas agora tendo como base, um sequenciador de produção também designado por *Heijunka box Type B*.

Para aproximar o fluxo contínuo ao processo global de fabrico, deve ser mantido um fluxo baseado na ordem de chegada (FIFO) em cada processo individualmente e regular cuidadosamente a quantidade de trabalho através das várias etapas da filosofia FIFO.

A matéria-prima necessária para o fabrico do produto final encontra-se armazenada ao lado da linha de produção, em pequenos supermercados ou armários para o efeito, enquanto os materiais de maior dimensão necessários à produção não estão armazenados na linha de produção, caso seja possível, para assim reduzir os custos de inventário. É importante referir que neste tipo de sistema as quantidades de inventário são mínimas ou até mesmo nulas. Uma produção sequenciada é bastante importante e uma falha nesta, levará ao aparecimento de material obsoleto no ambiente fabril. Uma medida eficaz para manter esta sequência está na criação de pequenos *buffers*, cujo tamanho deverá ser inversamente proporcional à área destinada ao processo produtivo.

Sistema *Pull* tipo C

Este tipo de sistema surge da combinação dos dois tipos de sistemas *Pull* enunciados anteriormente (tipo A e tipo B) ocorrendo estes em paralelo. Quando se está na presença de altas frequências de encomendas, por parte do mercado de consumo, estas são processadas utilizando um sistema *Pull* do tipo A. Contrariamente, quando as ordens de encomenda têm uma frequência baixa é posto em prática o tipo de sistemas *Pull* B. O fornecimento da ordem de produção é dado por intermédio de cartões *kanban* sendo a sequência feita através de caixas *Heijunka*. Como seria previsível, este tipo de sistema é favorável a processos produtivos, que tenham oscilações na procura feita pelos seus clientes.

2.3.1.3 Objectivos e vantagens

Este princípio da filosofia *Lean* tem vários objectivos, entre os quais se destacam:

- Quantidade de stock máximo e mínimo ao longo da cadeia de valor bem definido, sendo previamente calculado.
- Melhoria da transparência dos processos, com o recurso a processos de controlo visual.
- Garantir a disponibilidade de matéria-prima através de um processo de controlo.
- Abonar um nível de serviço de 100% com tempos de reposição constantes.

Os benefícios associados à utilização de um sistema *Pull* com a utilização de cartões *Kanban* são igualmente claros e de grande importância para o processo produtivo, dos quais se destacam a facilidade de controlo do processo, através da simples gestão visual e a realização de grandes quantidades de encomendas em pequenos lotes, com o mínimo de esforço. Na imagem seguinte encontra-se um exemplo ilustrativo da utilização de cartões *Kanban* num sistema produtivo.

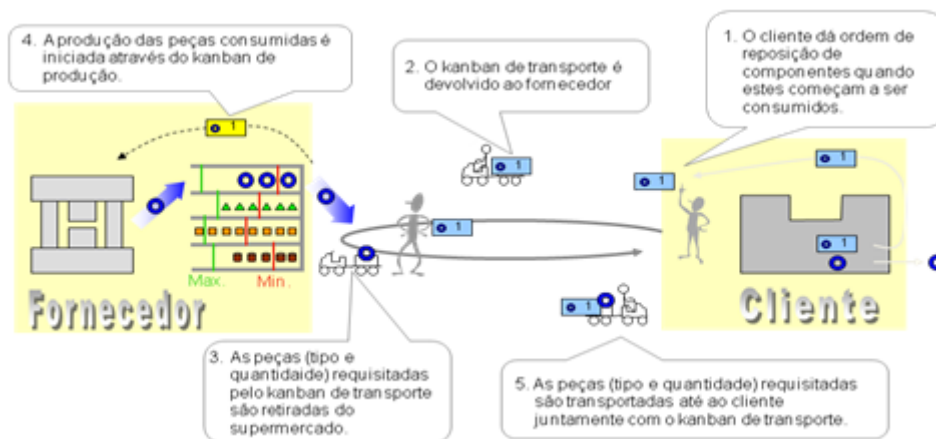


Figura 25. Funcionamento de um sistema *Pull* com utilização de cartões Kanban.
Fonte: BOSCH, Pull System (Element Description). BOSCH, 2006.

2.3.2 Princípios do sistema Pull

2.3.2.1 Nivelamento da Produção

Como a procura do mercado, apresenta um comportamento irregular, por causa das suas grandes flutuações, torna-se inviável criar um cenário ideal onde a quantidade produzida coincida com a quantidade procurada pelo cliente. Devido às razões anteriormente enunciadas, torna-se necessário efectuar um nivelamento da produção, que consiste na definição de uma sequência repetitiva ou regular da produção, quer em referência de produto (mix), quer em quantidade de produto (volume).

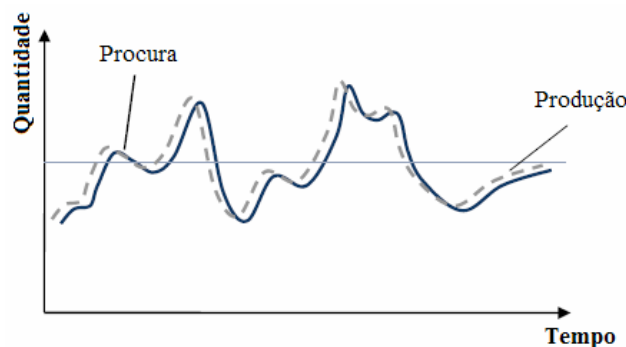


Figura 26. Cenário ideal de produção segundo o TPS.
Fonte: Bosch, Levelling (Element Description). Bosch, 2006.

A figura anterior ilustra um cenário ideal de aproximação entre a produção real e a procura ao longo do tempo, onde se pretende executar lotes de produção com pequenas dimensões, produzindo assim apenas a quantidade desejada pelo cliente. Algum tempo mais tarde, foi descoberto que esta aproximação criava situações de instabilidade no sistema produtivo, tais como o excessivo número de mudanças de referência de produção, o desequilíbrio na carga de produção e por fim a criação de tempos mortos onde o operador estava parado. Com o objectivo de evitar estas situações, as referências dos produtos eram agrupadas de forma a produzir, de uma só vez, toda a quantidade de produtos com a mesma referência.

Contudo, e apesar de ser visível que a quantidade de mudanças de ferramenta é menor, esta solução ainda não representava um nivelamento de produção, acarretando algumas desvantagens:

- Incapacidade de satisfazer um cliente que decida adquirir no início da semana, um produto que apenas é fabricado no final desta.
- Necessidade de efectuar inventário dos produtos produzidos que não são vendidos, no dia em que são laborados.
- Variação da carga de trabalho ao longo da semana, causando assim um desequilíbrio nos recursos de produção.
- Uma cadeia de abastecimento não é intrinsecamente estável. As pequenas mudanças na procura podem resultar em grandes variações nas encomendas efectuadas a montante. Eventualmente, esta rede pode oscilar bastante, à medida que cada organização tenta resolver os seus problemas na cadeia de abastecimento, pela sua própria perspectiva, sendo este fenómeno designado por *Bullwhip effect*.

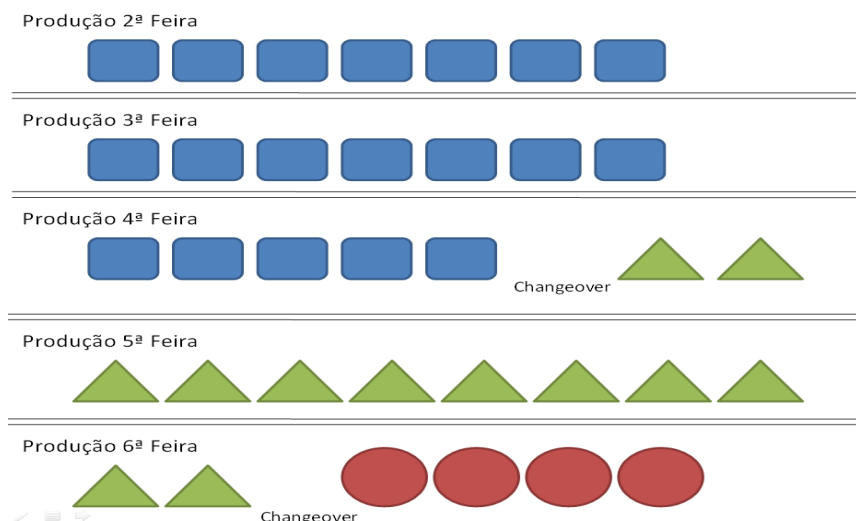


Figura 27. Produção tradicional (sem nivelamento).

Fonte: Adaptado de J. Liker, *The Toyota Way – 14 Management Principles*. McGraw - Hill, 2004.

Para desenvolver um nivelamento de produção é necessário que seja efectuado previamente um estudo, com base num vasto conjunto de factores tais como, o número de mudanças de ferramenta possíveis, o tamanho do lote e o tempo disponível para a produção, entre outros. Depois de ser elaborado este estudo é realizado o plano de produção, onde é apresentada uma sequência de produção repetitiva ao longo do tempo tanto em mix como em volume. Os principais benefícios do nivelamento da produção são os seguintes:

- Flexibilidade para produzir o que o cliente deseja quando este quer, o que reduz o inventário e os problemas a este associados.
- Redução do risco de não vender produto acabado, pois apenas é produzido o que o cliente encomenda.
- Utilização equilibrada dos recursos de produção (máquina / força de trabalho). Poderá ser criado trabalho standard, bem como um nível de produção, tendo em conta que algumas produtos necessitam de um maior trabalho por parte do operador do que outros.

- Redução no consumo de componentes e matéria-prima. Se for utilizado um sistema JIT na produção e um abastecimento por parte do fornecedor várias vezes ao dia, os abastecedores irão ter encomendas estáveis e niveladas.

O nivelamento da produção surge então como resposta à variabilidade, na procura por parte do mercado consumidor e tem como objectivo definir um plano de produção, que garanta estabilidade na cadeia de valor.

Na figura seguinte encontra-se representado um exemplo de uma produção nivelada:

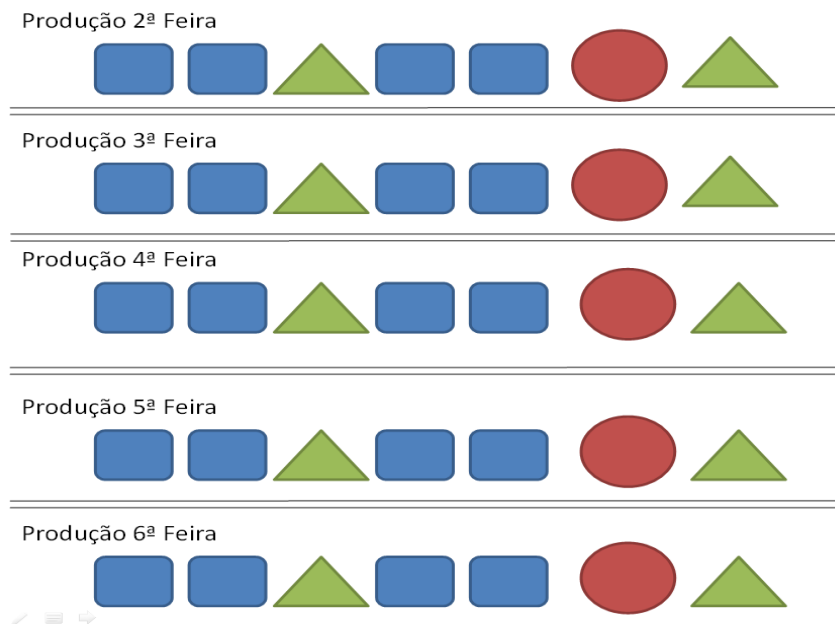


Figura 28. Produção nivelada.

Fonte: Adaptado de J. Liker, *The Toyota Way – 14 Management Principles*. McGraw - Hill, 2004.

2.3.2.2 Acordo entre a Produção e a Logística

As referências dos produtos a produzir, assim como as suas quantidades, durante determinado período de tempo, são acordadas entre a produção e o departamento logístico, com o objectivo principal de proporcionar condições de estabilidade à produção. Com este acordo, a logística fica então incumbida de dimensionar a cadeia logística, bem como garantir o fornecimento de todos os componentes necessários aos postos de trabalho.

2.3.2.3 Produção para o tempo de takt

A palavra Alemã “*takt*” designa o compasso de uma composição musical, tendo sido introduzida no Japão nos anos 30, com o sentido de “ritmo de produção”, quando técnicos japoneses estavam a aprender técnicas de fabrico com engenheiros alemães (Shook, 1998).

O *takt-time* ou tempo de *takt* é definido a partir da procura do mercado e do tempo disponível para produção, ou seja, é o ritmo de produção necessário para atender a procura.

Matematicamente, resulta da razão entre o tempo disponível para a produção e o número de unidades a serem produzidas:

$$\text{Tempo de Takt} = \frac{\text{Tempo disponível para produção}}{\text{Necessidade do Cliente}}$$

Segundo Iwayama (1997), o *takt-time* é o tempo necessário para a produção de uma peça ou produto, numa célula ou linha.

É visível que a constatação anterior conta com algumas limitações. É necessário esclarecer que a empresa pode realizar opções, tanto quanto aos níveis de atendimento da procura, como aos de utilização da sua capacidade, o que não está explicitamente contemplado por Iwayama. A compreensão desses limites leva à necessidade de ampliação deste conceito. Uma definição mais adequada parece ser a seguinte: *takt-time* é o ritmo de produção necessário para atender a um determinado nível considerado de procura, dadas as restrições de capacidade da linha ou célula.

Concretamente, o *takt-time* é o ritmo de produção utilizado para a criação de uma peça ou produto, numa linha ou célula, justamente como proposto por Iwayama (1997), mas com a diferença que se reconhece explicitamente nesta definição, que o ritmo eventualmente necessário, pode não ser suportado pelo sistema de produção.

À luz dessa formulação teórica surgem outras questões conceituais, precisamente no que se refere à compatibilização da procura com a capacidade da organização. A vinculação do *takt-time* ao planeamento e controle da produção é um dado que deve ser explorado, de forma a evitar que o sistema, mesmo tendo condições para responder à procura do mercado, não seja sobrecarregado em momentos de pico, por parte da procura e tenha o seu funcionamento abalado.

É importante salientar que o tempo disponível para produção não é necessariamente igual à duração do expediente. Em situações reais, deve-se descontar os tempos de paragens programadas, como por exemplo paragens para manutenção preventiva dos equipamentos, paragens devido a razões ergonómicas etc.

Sendo assim, é possível afirmar que:

Tempo disponível para produção = período de trabalho – paragens programadas

2.3.3 Elementos de um sistema Pull

2.3.3.1 Cartão kanban

A ideia da utilização de cartões *Kanban*, palavra Japonesa que significa cartão ou etiqueta, surgiu com a observação da disposição dos produtos numa mercearia Americana por Ohno, sendo esta observação idealizada juntamente com o conceito de supermercado. Em termos muito simples este *Kanban* poderá ser visto como o recibo da compra efectuada por um cliente num supermercado convencional. Neste talão de compra vêm discriminados os produtos e quantidades, que aquele cliente acabou de retirar do supermercado, servindo por isso de instrução para a reposição de novos produtos.

Quando este cartão foi aplicado pela primeira vez no TPS, era apenas um pedaço de papel que continha a identificação do produto assim como a sua quantidade, dando este ordem de produção ao processo a montante quando tinha ocorrido consumo por parte do processo a jusante. Com este sistema era então possível evitar o excesso de produção pois apenas era dada ordem de criação quando o cliente consumia, sendo também uma ferramenta que controlava a quantidade de stock em curso.

Na BT existem cinco tipos diferentes de cartões *Kanban* que podem ser facilmente distinguidos pela sua cor, e embora sigam os mesmos princípios destinam-se a situações específicas:

- *Kanban* de produção – este cartão de cor amarela pode ser visto como uma ordem de produção de um produto específico.
- *Kanban* de transporte Interno – representa uma nota de entrega reutilizável, de uma certa quantidade específica de material, apresentando uma cor azul.
- *Kanban* de transporte de peças de compra – de cor branca este cartão reutilizável representa uma nota de entrega de peças de compra numa certa quantidade.
- *Kanban* de transporte de produto acabado – cartão verde reutilizável utilizado para a identificação de produto acabado, numa certa quantidade.
- *Kanban* “Low Runner” – este cartão pode ser visto como uma ferramenta de controlo standard que ao contrário dos outros tipos de cartões é aplicado numa certa data e contém data de validade. Este cartão apresenta um tom rosa.

Com esta variedade de cartões é possível realizar a devida identificação dos materiais, efectuar um controlo de inventário, prever os excessos de produção e transporte e ter informação relativa a estes.

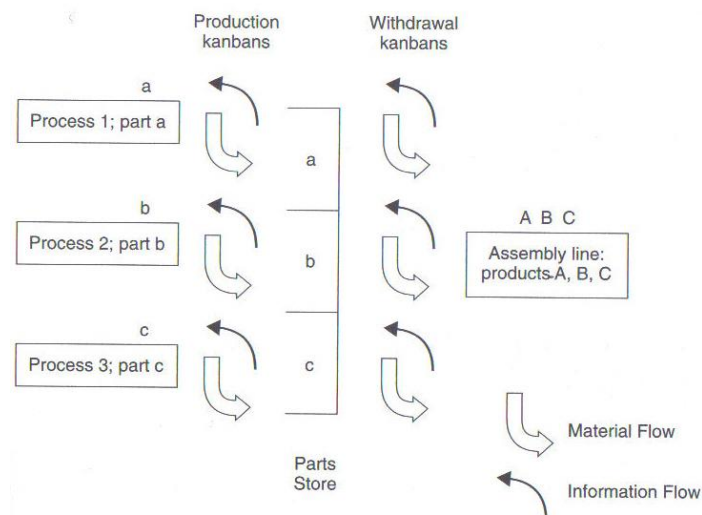


Figura 29. Circulação de cartões Kanban.

Fonte: Pascal Dennis, *Lean Production Simplified*, 2007.

Por outro lado, este tipo de cartões pode ser visto como um conjunto de metáforas associadas ao processo produtivo:

- Dinheiro pois quando este não existe não há produção.
- *Kanban* pode ser visto como a autorização para a produção ou o consumo de componentes.
- Sistema de engrenagens que sincronizam a produção com o processo *pacemaker* (ponto de conexão com o consumidor).

Com a introdução deste cartão surgiu o sistema *Kanban* que representa uma instrução bem definida e um conjunto de informações ao longo da cadeia de valor.

O grande objectivo deste sistema é então sistematizar e organizar todas as operações que se encontram entre a produção e a movimentação e fluxo de material. Para uma melhor identificação foi necessário incluir o maior número de informações

necessárias do produto como a sua identificação, quantidade, tipo de caixa onde deve ser transportado, qual o seu fornecedor e cliente entre outras.

Na figura seguinte está representado a base de um cartão *Kanban*, onde se pode verificar a existência de inúmeras informações:

Figura 30. Representação de um Kanban da Bosch.

Fonte: Bosch, Pull System (Element Description). Bosch, 2006.

Na Figura acima apresentada é possível observar a seguinte informação referente ao produto e ao cartão:

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1 - Referência do produto | 10 - Quantidade de Cartões |
| 2 - Designação do produto | 11 - Código do operador que efectua o seu transporte |
| 3 - Fornecedor | 12 - Símbolo |
| 4 - Cliente | 13 - Emissor |
| 5 - Quantidade de produtos | 14 - Data de emissão |
| 6 - Unidade | 15 - Código de barras |
| 7 - Tipo de caixa onde é transportado | 16 - Dados do fornecedor |
| 8 - Número do Kanban | 17 - Calendário de entrega |
| 9 - Posição do Kanban | |

Para que deste sistema sejam retirados todos os seus benefícios é crucial que sejam cumpridas um conjunto de regras:

- Não podem ser produzidos, transportados ou entregues produtos que não estejam acompanhados do seu cartão *Kanban*.
- O processo a jusante consome apenas as quantidades indicadas no cartão *Kanban*.
- O processo a montante por sua vez apenas produz de acordo com a sequência e quantidade indicadas no cartão.
- A todo o produto deve estar associado um cartão *Kanban*.

É visível que este tipo de cartão de identificação é determinante para a organização das operações logísticas. O número total de cartões disponíveis deve ser calculado com base em dois pontos fulcrais:

- A satisfação das necessidades do cliente, tendo este apenas acesso à quantidade de que necessita no momento que precisa, prevenindo rupturas de stock.
- A redução ao máximo de material em stock, evitando assim desperdícios.

Antes de prosseguir é essencial a apresentação de algumas definições relativas ao processo de cálculo da quantidade de cartões necessária:

- SNP (*Standard Number of Parts*) - Número de peças por *kanban*. É o número de peças standard utilizadas no processo pacemaker. Constitui a base para os ciclos *kanban* nos processos fornecedores (quantidade por *kanban*).
- EPEI (*Every Part Every Interval*) - Frequência de produção da mesma referência (*high runners* / exóticas). Normalmente expresso em dias.
- WIP (*Work In Process* – em curso) - Número de peças existentes entre dois postos de trabalho.
- Tamanho de lote de produção - Número mínimo de peças por referência que pode ser produzido de uma só vez antes de outra referência ser produzida.
- Tamanho de lote de transferência - Quantidades recolhidas pelo fornecedor (pode ser diferente do tamanho de lote de produção).

Para efectuar a contabilização do número de cartões *Kanban* é necessário seguir um conjunto de etapas:

1. Análise do perfil de consumo do cliente;
2. Análise de Pareto das peças – classificação em referências do tipo A, B ou C;
3. Cálculo de capacidades;
4. Cálculo do EPEI;
5. Cálculo do tamanho de lote de produção;
6. Cálculo do número de *kanbans*;
7. Determinação do tamanho / layout do supermercado.

Para realizar o cálculo das diferentes capacidades (etapa número 3) é necessário calcular a capacidade existente de produção, a capacidade necessária para cumprir com os pedidos do cliente e os tempos de mudança de ferramentas que se podem contabilizar da seguinte forma:

A) Capacidade disponível:

Output da linha (sem trocas de ferramenta) por dia;

- modelo de turnos;
- tempo de ciclo;
- paragens planeadas;
- paragens não planeadas;
- avarias;
- sucatas/ retrabalho.

B) Capacidade necessária:

Requisitos do cliente confirmados numa base diária.

C) Tempo disponível para *changeover* = $A - B$

D) Tempo de Mudança de ferramentas

E) Número de mudanças diárias possíveis = $C \div D$

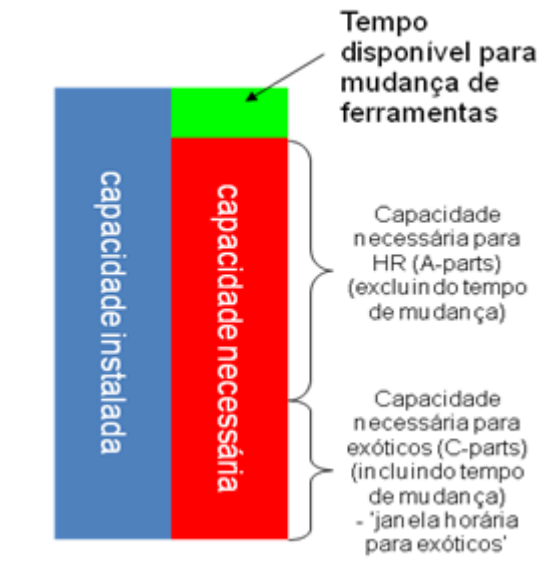


Figura 31. Capacidade instalada VS Capacidade necessária.
 Fonte: BOSCH, Dimensionamento de supermercados. BOSCH, 2008.

Através do EPEI é obtida a frequência com que uma dada referência é produzida, sendo uma medida traduzida em dias e o seu cálculo (4), pode ser efectuado através da seguinte fórmula:

$$EPEI = \frac{N^{\circ} \text{ referências}}{N^{\circ} \text{ de mudanças possíveis}}$$

Através do valor de EPEI facilmente se calcula o tamanho do lote utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{Tamanho do lote} = EPEI \times \text{Quantidade diária}$$

Assim sendo, por exemplo uma peça com EPEI = 0,5 dias, é produzida duas vezes por dia. Utilizando a mesma analogia, uma peça com EPEI = 2 dias, quer dizer que esta peça é produzida de dois em dois dias.

No BPS o cálculo do número de cartões Kanban para cada supermercado, tendo em conta os dois aspectos enunciados anteriormente, é realizado recorrendo à seguinte expressão:

$$K = RE + LO + WI + TI + SA$$

em que:

K – Número de *Kanbans*.

RE – Cobertura do tempo de reposição (cobre o tempo de reposição para o consumo médio no período considerado).

LO – Cobertura do tamanho de lote (cobre o tempo de construção de lote).

WI – Cobertura para o pico de consumo por parte do cliente (cobre os picos de consumo num ciclo de reposição).

TI – Cobertura dos tempos de turno (cobre os desfasamentos de produção do cliente e do fornecedor).

SA – Factor de segurança (cobre um tempo de segurança definido).

Em seguida irá ser realizada uma análise a cada um dos parâmetros pertencentes à fórmula *kanban* com o objectivo de facilitar o seu cálculo.

Parâmetro RE:

$$RE = \frac{PR \times RT_{loop}}{POT \times SNP}$$

Onde:

- PR: Corresponde às necessidades por período e por referência.
- POT: Equivale ao tempo planeado de produção por período em minutos.
- RTloop: Equivale ao tempo de reposição por referência em minutos.

Em que o factor RTloop poderá ser calculado através do somatório dos diferentes termos RT_{i, loop}, os quais se encontram esquematizados na figura que se segue:

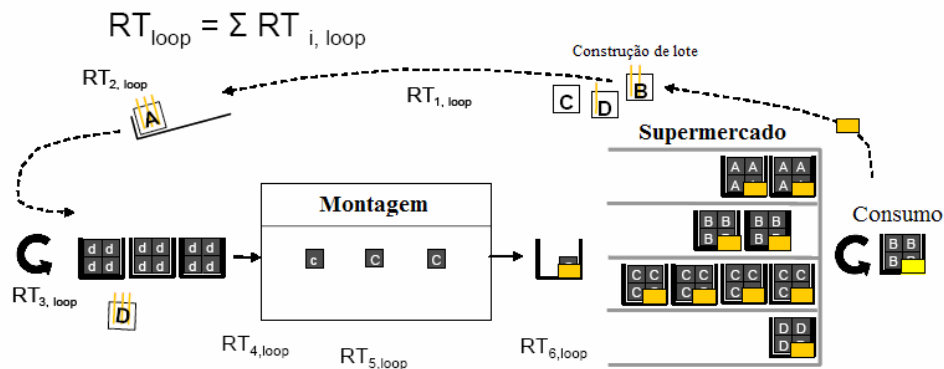


Figura 32. Ilustração dos diferentes tempos de reposição.
Fonte: BOSCH, Pull System (Element Description). BOSCH, 2006.

Legenda:

- RT1,loop - Tempo de transporte desde a caixa de construção de lote até ao sequenciador.
- RT2,loop - Tempo máximo de espera no sequenciador.
- RT3, loop - Tempo de *picking* (*milk run*).
- RT4,loop - Tempo de mudança de ferramenta.
- RT5,loop - Tempo de produção de um kanban.
- RT6,loop - Tempo de armazenamento das peças no supermercado.

Podendo todos os parâmetros RT ser medidos no terreno à excepção de RT2,loop e RT5,loop que deverão ser calculados segundo as seguintes fórmulas:

$$RT2\ loop = [(max\ Kanbans - 1) * (tempo\ médio\ de\ produção\ por\ lote)] + [(num.\ max.\ de\ mudanças - 1) * (tempo\ médio\ de\ mudança)]$$

$$RT5\ loop = \frac{[Tempo\ de\ processo\ 1\ peça + (SNP - 1) * tempo\ de\ ciclo]}{OEE\ sem\ incluir\ os\ tempos\ de\ mudança}$$

Parâmetro LO:

Este parâmetro referente ao número de *Kanbans* necessários para cobrir a procura do cliente, no tempo necessário de construção de um lote de produção, apenas poderá ser calculado quando $LS > SNP$ segundo a expressão:

$$LO = \frac{LS}{SNP} - 1$$

Onde LS é o tamanho do lote de produção.

Parâmetro WI:

Este factor, que corresponde ao número de *Kanbans* necessários para cobrir o pico de consumo do cliente durante o tempo de reposição de um SNP, pode ser calculado da seguinte forma:

$$WI = \frac{WA}{SNP} - RE$$

Onde WA representa a previsão do pico de consumo do cliente durante o tempo de reposição.

Parâmetro TI:

$$TI = \frac{PR}{NPT \times SNP} \times |T_{cliente} - T_{fornecedor}|$$

Onde NPT é o tempo planeado de produção tendo como unidades minutos por período e PR equivale às necessidades (peças) por período de tempo (minutos).

Parâmetro SA:

O tempo de segurança é calculado com base nas variações de consumo e de performance do processo fornecedor:

$$SA = \frac{PR \times ST \times 60}{POT \times SNP}$$

Onde ST representa o tempo de segurança em horas e pode ser determinado da seguinte maneira:

$$ST = ST1 + ST2 + ST3$$

Sendo ST1 as flutuações de OEE, ST2 as flutuações de consumo e por fim ST3 representa outros possíveis problemas que possam ocorrer. Os tempos de segurança anteriormente descritos podem ser calculados da seguinte forma:

$$ST1 (horas) = \frac{|OEE \text{ mínimo diário} - OEE \text{ médio por período}|}{100} \times POT$$

$$ST2 (horas) = \frac{\text{Consumo real} - \text{Previsão consumo}}{\text{Previsão consumo}} \times POT$$

2.3.3.2 Milk run

Milk run ou “*Mizusumashi*”, que é o seu termo original em Japonês, são duas palavras utilizadas para descrever o operador logístico ou “abastecedor”, que constitui um excelente exemplo de melhoria e dinamização do meio industrial. Estes elementos da produção são essenciais para garantir o funcionamento pleno de uma linha ou célula de produção, permitindo também uma redução de custos logísticos e de armazenamento permitindo também que haja uma boa rotatividade de stock. Ao executarem um abastecimento cíclico de materiais, reduzem a quantidade de stock presente no armazém principal, assegurando o fluxo de materiais entre as secções de fabrico e as de montagem.

Existem dois tipos de *milk run*: os que garantem o abastecimento dentro de cada linha ou célula, efectuando o fornecimento dos bordos de linha e arrumando o produto acabado em supermercados e existem os *milk run* que garantem o fluxo de material entre células ou linhas de montagem. Estes últimos, devido à necessidade de maiores deslocações, estão munidos de um veículo de tracção, vulgarmente designado por mota, que tem a si atrelado um certo número de carros logísticos específicos, onde é colocado o material a transportar.

Na figura seguinte encontra-se representado um comboio logístico, constituído por uma mota e por um ou vários carros logísticos:



Figura 33. Comboio Logístico.

Fonte: Bosch, Cyclical material supply – Milk Run (Element Description). Bosch, 2006.

A necessidade de transportar materiais, bens e informação de um local para o outro, torna evidente a necessidade de criação deste conceito, que é um método que tem mostrado ser mais eficaz e económico em relação aos métodos que existiam, tais como o uso de empilhadores. A maioria dos *milk run* que operam na BT possui uma rota normalizada que se baseia numa sequência de tarefas predefinida, para o abastecimento de uma linha de produção ou de uma secção, num determinado tempo de ciclo. Assim, ficam explícitas nas sequências, as tarefas, a forma e o momento de as fazer.

Antes da implementação das rotas normalizadas o milk run organizava o seu trabalho, através do plano de produção, ficando ao seu critério a ordem e o momento de realizar as tarefas. Isto porque, não havia nada que lhe indicasse qual a forma correcta de fazer o abastecimento sem que nada falhasse e com um aproveitamento equilibrado do tempo disponível. Esta alteração permitiu organizar e disciplinar o trabalho destes operadores logísticos e consequentemente atingir o conceito principal do BPS: “a parte certa, na quantidade certa, no momento certo e no local certo”.

Na figura seguinte encontra-se um exemplo de uma rota normalizada elaborado por um operador logístico:



Figura 34. Etapas de uma rota normalizada.

Fonte: Bosch, Cyclical material supply – Milk Run (Element Description). Bosch, 2006.

Na imagem número um pode visualizar-se a chegada da ordem de produção, que é dada com base no cartão *Kanban* de produção. Em seguida é realizado o pedido informaticamente. Na imagem que concerne ao ponto três pode-se verificar a deslocação ao local onde se encontra o material requerido, sendo este transferido para o carro logístico (ponto quatro). De seguida pode-se constatar o transporte do material sendo por último entregue em pontos específicos nas secções ou linhas onde é necessário (ponto seis).

Tendo como objectivo principal o fluxo rápido de materiais dentro da fábrica, estes comboios logísticos estão a converter-se numa forma eficiente de transporte de mercadorias, permitindo grandes poupanças, uma menor confusão de meios de transporte, maior fiabilidade, assim como maiores e melhores “outputs”, não esquecendo os níveis de segurança superiores, em relação às anteriores alternativas (empilhadores). É relevante referir que existe um esforço por parte da logística interna, com o objectivo de minimizar a circulação de empilhadores no ambiente fabril, reduzindo assim os desperdícios de movimento e aumentando a segurança.

Segundo um fornecedor de equipamentos para a indústria (Conveyer & Caster), as vantagens da utilização de operadores logísticos no abastecimento de componentes, encontram-se divididas em cinco factores cruciais:

Económico – a aplicação deste método de transporte, reduz substancialmente o investimento dispendido em equipamento, quando comparado com os equipamentos anteriormente utilizados (empilhadores), também diminui o número de operadores necessários para transportar o material, pois com a utilização de carros logísticos, a capacidade de carga é superior, o que reduz factores como o tempo e stocks.

Congestionamento – ao eliminar o uso de empilhadores para transportar material, o *milk run* eliminou os engarrafamentos (“*bottlenecks*”) de trânsito, provocados pela elevada quantidade de meios de transporte em circulação pelo ambiente fabril, baixando a probabilidade de acidentes e danificação do material. Cada operador logístico transporta maiores quantidades de volume e peso, devido aos carros logísticos, que pode utilizar realizando assim um menor número de viagens.

Flexibilidade – a utilização de comboios logísticos proporciona uma melhor adaptação às mudanças, que podem ocorrer no ambiente produtivo. Exemplos destas mudanças são as alterações de layout e rotas que estão sempre a ser efectuadas, devido a processos de melhoria contínua, estando estes sistemas aptos a transportar materiais de diversas formas e tamanhos.

Produtivo – com a maior frequência de abastecimentos feita em pequenos lotes, devido às rotas cíclicas e normalizadas, há uma redução de stocks em curso bem como do “*Through-put time*” do material, possibilitando um maior output final. Caso sejam utilizados carros logísticos munidos de um conjunto de rodas direccionais, a capacidade de manobra torna-se maior permitindo assim uma melhor utilização do espaço disponível.

Qualidade – ao efectuar o transporte das peças em boas condições, estando o material bem acoplado, este não sofre danos na sua trasfega, o que aumenta a qualidade produtiva.

2.3.3.3 Supermercado

Decorria o ano de 1950, quando Taichi Ohno ao realizar uma visita aos Estados Unidos, visualiza que todos os produtos presentes numa mercearia estão disponíveis em estantes e separados por tipo, devidamente identificados, o que era uma clara diferença ao praticado na altura, no Japão.



Figura 35. Estante de um supermercado convencional.

Ohno aplicou então o mesmo princípio na *Toyota*. Cada produto começou a ser armazenado num local específico, onde o cliente se abastece nas quantidades que deseja (*self-service*), sendo o produto repostado na estante apenas quando é consumido pelo cliente.

Com esta medida, a *Toyota* passou a pensar no seu sistema de produção, com base nas necessidades dos clientes, em vez de realizar uma produção em grande escala, com base numa filosofia subjacente aos sistemas de produção americanos.



Figura 36. Supermercado adaptado à produção.

É importante referir, que este sistema, não segue completamente uma filosofia JIT, pois apesar de o representar para o cliente deste supermercado, que obtém o material que necessita na altura certa e na quantidade que carece, do ponto de vista do fornecedor tal já não sucede, pois este ao produzir para o supermercado, os produtos são retidos neste durante um período de tempo, logo a produção ocorreu antes do período, o que significa que a filosofia JIT não foi cumprida. Este aspecto corresponde então a uma desvantagem à implementação de supermercados, pois estes representam um local de armazenamento, o que interrompe o fluxo contínuo de material ao longo do processo produtivo. Numa situação ideal, não existiriam estes pontos de stock intermédio, reduzindo assim o WIP a zero.

Num sistema de produção de elevada complexidade este fluxo contínuo de material não é possível pois:

- Alguns processos complementares são efectuados em outras linhas ou células, pelo que o transporte unitário se torna irrealista.
- Certos processos têm um elevado ou baixo *lead time* bem como tempo de setup.

Então, em casos onde o fluxo contínuo de material não é executável, as organizações recorrem à implementação de supermercados para assim armazenar o produto acabado, permitindo a absorção dos consumos dos processos, a jusante.

Para que este local, onde é armazenado o material para posteriormente ser consumido, ser apelidado de supermercado (num contexto produtivo), tem que obedecer a um conjunto de regras específico, caso contrário é apenas considerado como sendo stock, estas regras são as seguintes:

- A posição específica de cada produto deve obedecer a determinados requisitos sendo os mais importantes relativos à ergonomia.
- Cada local do supermercado tem que estar identificado com a referência do produto, o seu nome, a identificação da estante, bem como o número mínimo e máximo de caixas de cada componente.
- A capacidade de cada supermercado é limitada e dimensionada de acordo com o consumo dos seus clientes.
- A localização de cada supermercado deve ser o mais próximo possível da fonte, que é responsável pela gestão da quantidade de cada produto no supermercado.
- Apenas é permitida a reposição de material, quando este é consumido e mediante a colocação do respectivo cartão *kanban* no seu devido local, para dar ordem de produção.
- Deve permitir a gestão visual, podendo assim cada operador logístico visualizar as quantidades presentes no supermercado, assim como a existência de caixas vazias, o que é sinal que houve consumo.

Cada supermercado, possibilita então, garantir a disponibilidade de material para os seus clientes e permite o controlo das quantidades de material que restam e as que devem ser mantidas, constituindo assim, um processo fundamental, na implementação de um sistema de produção *Pull*.

2.3.3.4 Caixa logística

Devido às alterações repentinas no mercado da procura, o planeamento da produção torna-se uma tarefa difícil de executar, especialmente quando se pretende cumprir com os prazos de entrega. Por esta razão é essencial que seja efectuada uma análise com base nos prazos de entrega, antes de elaborar o plano de produção, para que assim estejam reunidas as condições necessárias para efectuar o nivelamento da produção. Esta caixa logística constitui um instrumento de controlo visual das encomendas, contendo as quantidades requeridas e os prazos de entrega, sendo posteriormente convertida, cada encomenda, num cartão *Kanban*, funcionando como uma espécie de buffer antes da caixa de nivelamento.

2.3.3.5 Caixa de nivelamento

Esta caixa tem espaços, onde são colocados cartões Kanban de produto final, ficando assim distribuídos ao longo do tempo de produção, de acordo com o planeamento de produto nivelado. A caixa de nivelamento tem normalmente a capacidade para um plano diário de produção, podendo este estar dividido por turnos. Para que a filosofia *Pull* esteja completamente assegurada, este processo apenas deverá ser utilizado em zonas de expedição ou linhas finais, pois apenas assim é eliminado o plano de produção diário para todos os processos de fabrico.

Na BT existem quadros como o apresentado na figura seguinte em quatro linhas finais, respeitando assim a filosofia JIT.

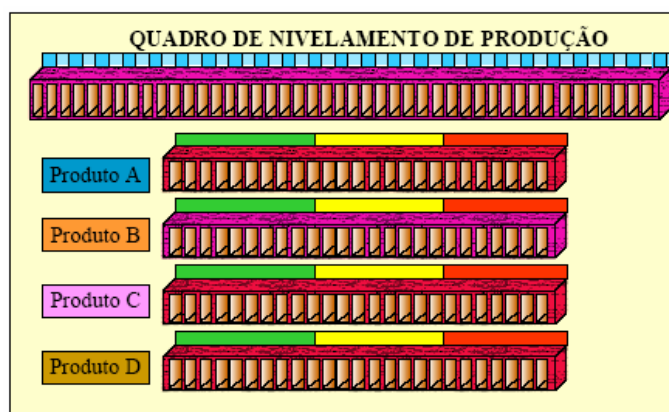


Figura 37. Quadro de nivelamento de produção.

Fonte: G. Tardin, O papel de um Quadro de Nivelamento de produção na produção puxada: um caso de estudo.

É importante enunciar que, cada período de tempo da caixa de regulação está associado ao ciclo específico de cada operador logístico das diferentes linhas finais, pois cada cartão *Kanban* contém um tempo de produção igual ao tempo da rota efectuada por cada operador logístico especificamente, o que confere um ritmo produtivo que possibilita a sincronização entre o consumo e a reposição do material consumido.

2.3.3.6 Sequenciador de Produção

O Sequenciador de produção, tem como objectivo garantir que seja respeitado o FIFO, garantindo assim que cada cartão *Kanban* dê ordem de produção na sua vez, ou seja, o primeiro cartão a chegar é o primeiro a dar ordem de produção e assim sucessivamente. Cada sequenciador é colocado perto do primeiro processo de cada célula de produção e quando um produto é consumido, o seu cartão *Kanban* específico, é colocado na ranhura do sequenciador, respeitando a ordem dos cartões já existentes, formado assim uma fila de cartões que irão regular sequencialmente as ordens de produção. Com o auxílio deste sistema é realizado o controlo visual da produtividade de cada célula, garantindo um princípio fundamental do sistema *Pull*, o JIT.

2.3.4 Implementação de um Sistema *Pull*

Tendo sido estabelecida, uma plataforma de estabilidade e o nível necessário de flexibilidade, estão reunidas as condições para tornar o fluxo no ambiente fabril, dirigido pelo consumo a jusante puxando a produção a montante. Isto significa que nenhum produto será processado até que haja necessidade (sinal) por parte do processo a jusante. As implicações deste processo são as seguintes:

- As encomendas são iniciadas na fase mais a jusante.
- O produto é puxado através da produção com base na procura dos processos a jusante.
- A taxa de produção é impulsionada pelas taxas de consumo dos processos a jusante.

Num sistema ideal de *Pull*, a matéria-prima estará disponível a partir do fornecedor (processo a montante), quando o cliente (processo a jusante) necessita, o que significa que todo o inventário presente no ambiente fabril está a ser processado, contrariamente ao que sucede quando a matéria-prima está à espera de ser processada.

Nesta fase, o objectivo é ligar os vários fluxos de operações que foram estabelecidas em todo o sistema produtivo e estabelecer as operações *Pull* em todos os processos / operações / células, dentro de todo o sistema de produção.

Passo 1 – Seleccionar Mecanismo de controlo *Pull* apropriado

Um requisito básico, para o bom funcionamento de um sistema *Pull*, é a existência de um controlador de tempo, que fornece aos operadores informações sobre quando têm que operar e quando têm que estar parados. Esta informação varia ao longo do tempo, consoante o estado de WIP no sistema, bem como o nível de procura pelo cliente.

Existem vários mecanismos de controlo, como por exemplo o cartão *Kanban*, sistema de duas caixas, *Constante Work in Process* (CONWIP), entre outros. É importante identificar as condições onde se pretende implementar estes sistemas, para assim escolher o que melhor se adapta ao processo.

De longe, o sistema de controlo mais popular para o consumo é o cartão *Kanban*, pois é um sistema bastante simples, barato, eficaz e adequado ao ambiente produtivo, que permite igualmente, o controlo de inventário que pode ser adaptado aos vários tipos de ambientes industriais. Este sistema de reposição de material utiliza sinais visuais tais como a cor do cartão, para assim comunicar ao processo a montante quando os inputs são necessários no processo a jusante.

Passo 2 – Optimizar o tamanho de lote

Na filosofia Lean, importa apenas produzir consoante a procura do cliente (sistema *Pull*). Os componentes, assim como o produto final devem fluir através do sistema produtivo, no menor tamanho possível de lote, necessário para corresponder às necessidades do cliente, sempre com o cenário ideal em mente. Este cenário ideal corresponde ao fluxo de uma peça de cada vez (*One Piece Flow*), de modo a minimizar o *WIP*, entre as diversas etapas de processamento. Este cenário, além de reduzir os custos aliados ao inventário, também reduz o *Lead Time* ou o tempo de ciclo, que é aproximadamente directamente proporcional, à quantidade de *WIP*. Assim, ao efectuar uma produção baseada em pequenos lotes, o ciclo de produção, sofre uma diminuição, permitindo que as organizações satisfaçam as encomendas, num menor período de tempo.

Os curtos ciclos de produção provocam um aumento na rotatividade do inventário o que permite à organização obter uma menor margem de rentabilidade o que irá possibilitar reduções de preços, aumentando assim as vendas e a quota de mercado.

Passo 3 – Nivelamento da produção

A chave para a implementação de um sistema *Pull*, é realizar o nivelamento da produção para coincidir com a combinação de produtos procurados pelo mercado, durante um determinado intervalo de tempo.

Este nivelamento de produção pretende distribuir uniformemente o volume de produção, assim como as diferentes combinações de produtos ao longo do tempo, com o objectivo de minimizar variações do esforço dispendido pelos operadores. Qualquer variação no volume de encomendas, deverá ser suavizada para que assim seja feita uma aproximação ao nível de trabalho normal, o que também permitirá à empresa operar utilizando uma maior percentagem da sua capacidade, minimizando os *changeovers*.

Contudo, embora haja um esforço por parte da organização para fazer corresponder a sua produção com a verdadeira procura por parte do cliente, a estrutura chegará a um ponto onde a variação da procura de produtos individuais, irá fazer com que determinadas linhas de fluxo estejam subaproveitadas, enquanto outras estarão sobrecarregadas. Neste ponto, será necessário realizar a alocação de recursos rapidamente, consoante o nível de procura vai variando, o que exige a capacidade de executar reconfigurações dinâmicas de carga de trabalho, ao longo de todo o processo produtivo.

O objectivo principal será então optimizar continuamente o sistema produtivo para qualquer que seja a quantidade de procura por parte do mercado consumista, utilizando para tal, formas de trabalho standard e mão-de-obra qualificada e com capacidades de adaptação.

Passo 4 – Implementar coordenação na cadeia de abastecimento

À medida que as organizações se movem para o princípio único de fluxo de material, os fornecedores devem ser capazes de realizar entregas no tempo correcto, na altura devida e nas quantidades certas (JIT). Uma boa coordenação da cadeia de abastecimento é essencial para suprimir problemas de paragens, devido à má qualidade das matérias-primas ou paragens não programadas. Este tipo de coordenação deverá ser realizado com base em normas de qualidade comuns, utilizando o mesmo sistema de avaliação. O objectivo principal desta implementação é obter boas performances de abastecimento a baixo custo, constituindo assim uma redução no preço de custo de cada produto.

Passo 5 – Redução de inventário

É importante, para qualquer organização, reduzir as suas quantidades de matéria-prima, WIP ou produto acabado para proporções mínimas, que sejam capazes de manter o fluxo de produção. O período de transição que ocorre nesta redução deverá ser feito gradualmente, para assim não provocar paragens forçadas, por falta de componentes.

Passo 6 – Reajustar recursos

O ajustamento de recursos poderá incluir a afectação de operadores a outras tarefas que até então não tinham sido desempenhadas por estes. Devido aos trabalhadores serem o recurso mais valioso de uma organização, esta deverá focalizar-se neste seu recurso e nas actividades onde podem criar uma maior quantidade de valor para a empresa. Dado que os trabalhadores são o recurso mais valioso de uma organização, esta deve incentivá-los e criar as condições necessárias para que a sua produção tenha o máximo de sucesso.

Com esta mudança de tarefas, a organização proporciona uma rotatividade no trabalho efectuado pelos seus operadores, descentralizando assim as fontes de conhecimento de cada processo.

Em seguida para uma melhor integração da área onde foi efectuado o presente projecto bem como o seu funcionamento inicial, será realizada uma descrição pormenorizada da mesma com o objectivo de facilitar a sua compreensão global.

Legenda da Figura:

- | | |
|---------------------------------------|------------------------------------|
| 1. Carros logísticos | 8. Palete para caixas vazias |
| 2. Posto de preparação | 9. Posto montagem de queimadores |
| 3. Carro logístico | 10. Posto montagem de flautas |
| 4. Posto de preparação | 11. Posto de montagem de cachimbos |
| 5. Carro logístico | |
| 6. Máquina de marcação de queimadores | |
| 7. Posto de ensaio | |

Como é possível verificar a secção em estudo é composta por três linhas distintas (linha 1, linha 2 e linha 3 na figura da esquerda para a direita). Cada uma destas linhas é composta por um posto de montagem de flautas e um posto de ensaio. Apenas as linhas 2 e 3 estão munidas de postos de montagem de queimadores e somente a linha 3 tem postos de preparação de queimadores, pelo que tanto a linha 2 como a linha 3 produzem metades e queimadores enquanto que a linha 1 apenas produz metades. Devido à produção desta secção se realizar maioritariamente na linha 3, esta será o alvo principal deste estudo. É importante referir que cada queimador completo é constituído por duas metades, um tubo de distribuição e um cachimbo.

3.2 Clientes e fornecedores da secção

Como se encontra esquematizado na imagem seguinte, a secção em estudo tem três fornecedores distintos sendo eles a secção das prensas que fornece chapas difusoras, chapas queima e flautas, por outro lado o armazém 01 fornece peças de compra e por fim o armazém 05 que produz tubos de distribuição, embora este armazém faça parte da secção é considerado como fornecedor pois encontra-se deslocado desta.

Os clientes desta secção podem ser divididos em dois grupos distintos, os que necessitam de metades como a secção 881 e as células e os que requerem queimadores completos como é o caso da célula 4 e das linhas finais 5, 6 e 8.



Figura 40. Clientes e fornecedores da secção em estudo.

3.3 Value Stream Mapping

Através da análise dos fluxos actuais de material e informação, é possível identificar as principais fontes de desperdício, visualizar um estado futuro que acarrete menos desperdícios e por fim identificar as mudanças tecnológicas necessárias para transformar todo o sistema de operações, segundo uma filosofia *Lean*.

Devido à existência de apenas uma família de produtos na secção em questão e passarem todos por processos similares, não foi necessário efectuar o retrato da situação actual para mais do que um produto. É importante referir que previamente à realização deste mapeamento tiveram que ser recolhidos dados no terreno como é o caso de tempos de ciclos e de processo, número de operadores, níveis de eficiência, entre outros. Dada a grande dimensão, o VSM da secção em estudo encontra-se no Anexo A, pelo que se aconselha o seu visionamento bem como da simbologia utilizada e seu significado presente no Anexo P.

3.4 Identificação de desperdícios:

Com a análise da situação actual elaborada foi possível identificar as seguintes fontes de desperdício enunciadas por Ohno (apresentados na secção 2.1.5.1):

Desperdício de movimentos

Inúmeras vezes os operadores tinham de sair dos seus postos de trabalho quer para efectuarem o seu abastecimento quer para arrumar produto acabado, como este tipo de movimentos não incute qualquer valor ao processo de fabrico é considerado improdutivo. A inexistência de uma rota normalizada que indicasse ao operador logístico da secção a forma e o tempo correcto para efectuar o abastecimento dos postos de trabalho também constituía uma fonte de desperdício. Com a realização desta rota normalizada e contemplando todos os postos de produção, a necessidade dos operadores saírem do seu posto de trabalho foi completamente eliminada. As falhas de ergonomia latentes nos postos de trabalho eram igualmente geradoras de desperdício pelo que constituíam um ponto importante a ter em atenção no futuro, aquando da definição de novos bordos de linha.

Tempo de espera

Este tipo de desperdício poderia ser observado no processo de montagem de flautas, acontecendo quando o operador tinha de esperar pelas cassetes que continham flautas para poder laborar. Com a intenção de reduzir este desperdício foi criado um pequeno stock deste material junto dos postos de montagem de flautas. É certo que esta solução iria causar outro tipo de desperdício, o excesso de inventário, pelo que futuramente as flautas iriam ser inseridas no bordo de linha dos postos de montagem das mesmas. Outra situação onde poderia ser observado este desperdício era na ausência de um sistema de duas caixas nos postos de trabalho o que provocava um tempo de espera por parte do operador, enquanto era realizado o abastecimento do material em falta pelo operador logístico, constituindo assim mais um ponto a ter em atenção na definição dos novos bordos de linha.

Inventário

Devido à produção ser realizada com base num plano previamente definido a existência de WIP, bem como armazenamento de produto acabado e semi-acabado era natural, constituindo assim outra fonte de desperdício.

Excesso de produção

Foi possível verificar a existência de caixas contendo produto acabado em locais não apropriados, junto aos postos de trabalho. A principal causa deste excesso de produção era muitas vezes a alteração do plano de produção. Com o objectivo de colmatar este tipo de desperdício foi acordado com o operador logístico da secção, a realização de um registo do modelo que estaria em excesso, para assim poder ser integrado numa outra ordem de encomenda. Caso tal não acontecesse num prazo de três dias, o material seria então desmontado e os seus componentes devidamente arrumados.

O dimensionamento do supermercado de produto acabado constitui um factor importante para a redução deste tipo de desperdício, uma vez que apenas é realizada produção de um modelo, mediante a chegada do seu cartão kanban ao posto de trabalho.

Para além das fontes de desperdício acima referidas também foram encontrados outros problemas tais como a ausência de supermercado de produto acabado, para a totalidade dos clientes, a falta de estantes para acomodar produto concluído ou material em curso, junto aos postos de montagem de queimadores bem como a falta de um sistema de abastecimento de caixas vazias, visto este abastecimento ser realizado directamente para uma palete obrigando o operador, que realiza o ensaio, a deslocar-se do posto para poder recolher caixas vazias. Outro problema encontrado estava relacionado com a disposição desta mesma linha de montagem que dificultava a implementação de conceitos como *one-piece-flow*.

4 Implementação

Na presente secção irá ser apresentada a imagem futura da área em estudo após a contemplação dos desperdícios presentes, seguindo-se das acções levadas a cabo para realizar a eliminação dos mesmos.

4.1 Desenho da situação futura

4.1.1 Value Stream Design

Em seguida encontra-se ilustrada a visão futura ou ideal para a secção em estudo tendo sido esta desenvolvida em torno de factores como a redução de desperdícios e a dedicação das linhas por produto.

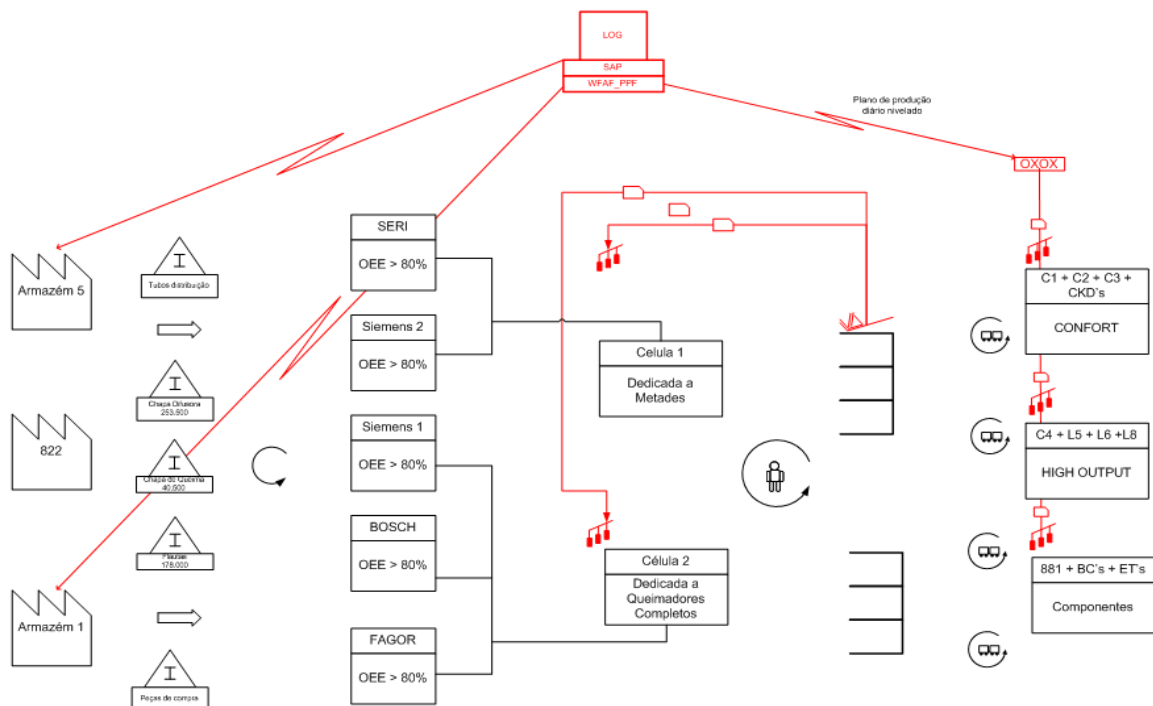


Figura 41. Value stream design.

Como é possível verificar a situação futura contempla diversas melhorias para a secção em estudo, entre as quais:

- Normalização do trabalho realizado, quer pelo operador logístico da secção, quer pelos clientes desta, proporcionando assim uma standardização destes processos.
- Redução de inventário ao realizar o dimensionamento do supermercado de produto acabado dedicado ao cliente, permitindo assim a utilização de ordens de produção (cartão *kanban*) na quantidade certa e no momento certo por parte dos vários clientes.
- Redução de um operador e acessibilidade a melhores balanceamentos com a formação de duas células independentes e especializadas, desmantelando as antigas três linhas.

Com o auxílio de outros departamentos ligados à produção foi então construído o que seria o layout correspondente à formação das duas células independentes, como é possível constatar pela imagem seguinte.

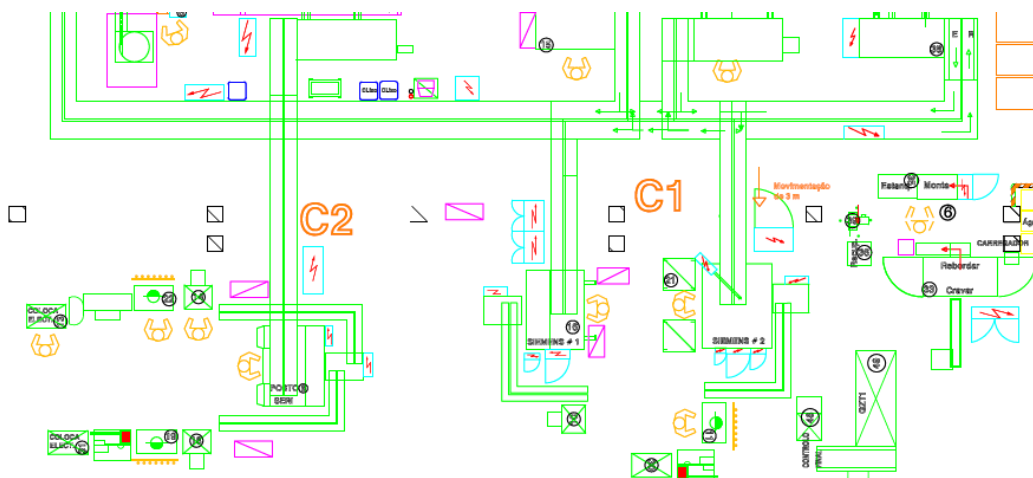


Figura 42. Layout correspondente à formação de duas células.

4.1.2 Indicadores de desempenho

Para avaliar os ganhos que se irão obter, quer no final do projecto, quer no futuro, quando o sistema *Pull* se encontrar em funcionamento, foram definidos alguns indicadores desempenho entre os quais:

- Número de operadores por turno.
- Quantidade de componentes em caixas não standard presentes nos postos de trabalho.
- Número de componentes disponível em bordo de linha.
- Quantidade de abastecimentos normalizados aos postos de trabalho.
- Área ocupada por estante/supermercado de produto acabado.
- Número de referências disponível no supermercado de produto acabado.

Os valores destes indicadores serão apresentados nos capítulos subsequentes como demonstração dos resultados obtidos com as soluções implementadas.

4.1.3 Plano de acções

De facto após a idealização do cenário ideal foi possível constatar que além da aplicação dos passos indicados na secção 2.3.4 (Implementação de um sistema *Pull*) poderiam ser implementadas outras acções de melhoria para assim aperfeiçoar o processo produtivo. Na imagem que se segue estão representados os passos seguidos para a implementação de acções de melhoria na secção em estudo.

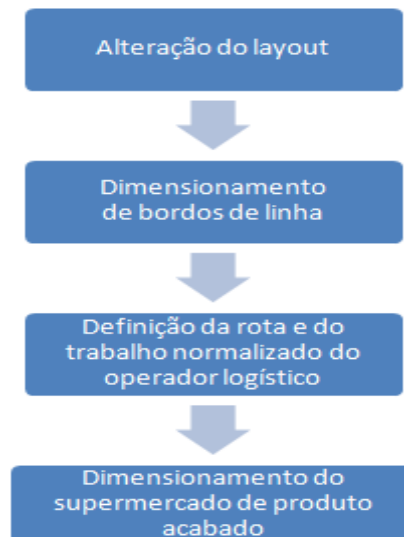


Figura 43. Acções de implementação para a secção em estudo.

Pela observação do decorrer das acções tomadas para construir a visão futura é perceptível que alguns passos para a implementação de um sistema *Pull* não foram seguidos. Estes passos foram então o correspondente ao número dois (optimização do tamanho de lote) pois na secção em estudo não há formação de lote, o passo número três (nivelamento da produção) que é uma tarefa já realizada por outra divisão do departamento logístico e por fim o passo seis relativo ao reajuste de recursos que é parte integrante das tarefas do responsável de turno.

Relativamente aos passos ou acções restantes, estes foram postos em prática embora não tivesse sido seguida a sua ordem por uma questão de lógica, pois por exemplo não fazia qualquer sentido efectuar a normalização da rota do operador logístico sem previamente realizar a alteração do layout da secção. Os passos número um e número cinco relativos à selecção do mecanismo *Pull* apropriado e redução de inventário respectivamente podem ser observados aquando do dimensionamento do supermercado de produto acabado, com a utilização de cartões *kanban* e na definição de bordos de linha e pequenas estantes onde foi implementado um sistema de duas caixas. Com a normalização da rota e do trabalho do operador logístico foi possível coordenar em parte a cadeia de abastecimento (passo quatro).

4.2 Alteração layout

Relativamente à alteração de layout, previamente contemplada na visão futura, onde iriam ser constituídas duas linhas distintas dedicadas ao produto (metades e queimadores completos), tal não poderia ser aplicável a curto prazo pelo que foram tomadas medidas para solucionar problemas de ergonomia e fluxo de material assim como para a ausência de rampas de retorno de caixas vazias e produto acabado na linha 3.

Com o objectivo de facilitar a troca de operadores entre postos e de modo a melhorar o fluxo de material e informação nesta linha, os postos de trabalho foram colocados de forma a tentar formar uma espécie de célula em U. Desta forma a transferência de material entre postos tornou-se mais fácil e transparente permitindo a deslocação peça a peça entre os dois postos de preparação. Para eliminar as deficiências no abastecimento de caixas vazias, que era feito com auxílio de uma paleta e a acomodação de produto acabado à saída dos postos de trabalho foram

criadas rampas com rolos, permitindo assim uma melhor deslocação das caixas tanto vazias como caixas contendo produto acabado ou semi-acabado (material a aguardar preparação). É importante referir que estas rampas além de melhorarem as condições ergonómicas dos postos de trabalho também simplificam todo o processo pois separam queimadores que necessitam de preparação dos que não necessitam, permitindo também a substituição dos diversos carros logísticos, usados para acomodar este material. As alterações acima referidas podem ser observadas na figura seguinte:

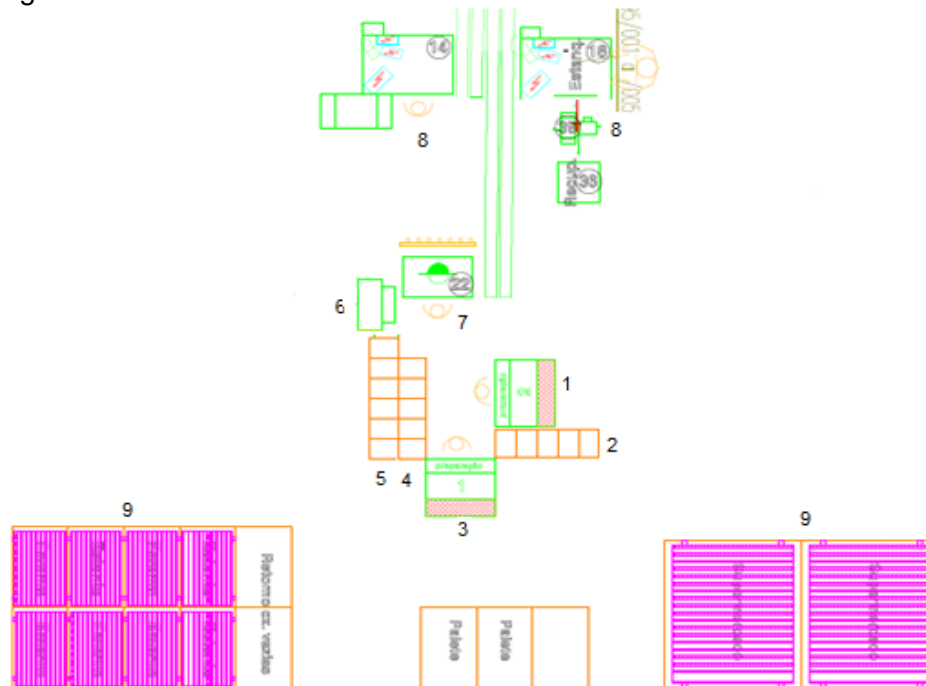


Figura 44. Alteração do layout da linha 3.

Legenda da Figura:

1. Posto de preparação dois.
2. Rampa de saída de produto acabado com preparação.
3. Posto de preparação um.
4. Rampa de material a aguardar preparação.
5. Rampa de saída de produto acabado sem preparação.
6. Máquina de marcação de queimadores.
7. Posto de ensaio.
8. Posto de montagem de queimadores.
9. Supermercados de produto acabado.

Com este novo layout era possível realizar um melhor balanceamento dos postos de trabalho pois como o tempo de ciclo de ensaio é inferior ao tempo de ciclo de preparação, o operador que se encontra a fazer o ensaio do queimador, pode deslocar-se ao posto de preparação dois, com o objectivo de acabar a preparação do queimador, feita no posto de preparação um. Com esta alteração o tempo de ocupação do operador, que se encontra no ensaio, aumentou e possibilitou a redução de um operador pois agora não era necessário ter dois colaboradores fixos nos postos de preparação. No anexo C podem ser consultadas as especificações utilizadas para o desenvolvimento destas rampas de produto acabado.

4.3 Definição de bordos de linha

A redefinição dos bordos de linha para os postos de preparação permitiu uma normalização dos locais para cada componente uma vez que anteriormente estes estavam colocados em cima de cada posto, em caixas não standard, que também seriam eliminadas. Esta implementação teve como base dois aspectos essenciais: logístico e ergonomia. O aspecto logístico é relativo à disposição de componentes, quer em referência quer em quantidade, no posto de trabalho. Por outro lado a concepção desta estrutura teve que obedecer a determinados requisitos ergonómicos tais como a distribuição dos componentes pelos vários níveis do bordo de linha, conforme a sua utilização, tal como a largura e altura máxima do posto. É importante referir que, como apenas era utilizada uma caixa para cada componente presente no bordo de linha e a dimensão destes era reduzida, a implementação de um sistema de duas caixas era a melhor solução, proporcionando assim várias melhorias entre as quais para o operador logístico que assim mais facilmente identifica o componente em falta e o abastece enquanto o operador do posto pode continuar a trabalhar com os componentes existentes na segunda caixa.

4.3.1 Determinação dos componentes necessários em bordo de linha

Depois de ter sido feito o levantamento de todos os componentes existentes foi altura de realizar um estudo sobre o tipo de caixa que seria mais vantajoso para cada componente. O objectivo principal desta distribuição seria o uso de caixas de menor dimensão possível, para assim obter ganhos de mobilidade e minimização de espaço ocupado, tendo sempre em atenção os seguintes aspectos:

- Peso de cada caixa não superior a 15kg.
- Componentes de maior utilização, mais perto do operador, exigindo menor esforço por parte deste.
- Facilidade em retirar os componentes por parte dos operadores.

Para uma visualização mais detalhada acerca das caixas standard utilizadas na fábrica recomenda-se a visualização do anexo O.

De acordo com os critérios acima citados e tendo em atenção a largura máxima de cada posto (950mm) foi realizada a seguinte afectação dos componentes no bordo de linha:

Tabela 4. Distribuição dos componentes por local e tipo de caixa.

Nível	Referência	Designação	Tipo de caixa
Nível 3	8 000 000 001	Ponte sobre ignição	B
	8 000 000 002	Ponte sobre ignição	B
	8 000 000 003	Suporte ligação	BB
	8 000 000 004	Chapa impedimento	BB
Nível 2	8 000 000 005	Suporte fixação	BB
	8 000 000 006	Suporte fixação	BB
	8 000 000 007	Ponte sobre ignição	B
	8 000 000 008	Ponte sobre ignição	B
Nível 1	8 000 000 009	Eléctrodo duplo	BB
	8 000 000 010	Suporte fixação	BB
	8 000 000 011	Eléctrodo	BB
	8 000 000 012	Suporte ligação	BB

Como é possível constatar pelo desenho do posto de trabalho com o bordo de linha ilustrado no Anexo C e no Anexo D este será constituído por três níveis, sendo o retorno de caixas vazias feito por baixo do posto, numa rampa com inclinação oposta à utilizada para o abastecimento de componentes. Esta distribuição será então aplicada aos dois postos de preparações existentes na secção, ficando ambos aptos a montar qualquer tipo de preparação.

4.4 Definição da rota e do trabalho normalizado do operador logístico

A rota normalizada baseia-se na sequência de tarefas predefinida para o abastecimento de uma linha de produção ou de uma secção, num determinado tempo de ciclo. Assim, ficam explícitas as sequências, as tarefas, bem como a forma e o momento de as fazer. Antes da implementação das rotas normalizadas o operador logístico (*milk run*) organizava o seu trabalho através do plano de produção, ficando ao seu critério a ordem e o momento de realizar as tarefas. Isto porque não havia nada que lhe indicasse qual a forma correcta de fazer o abastecimento sem que nada falhasse e com um aproveitamento equilibrado do tempo disponível. Esta alteração permitiu organizar e disciplinar o trabalho deste operador e consequentemente atingir o conceito BPS: “a parte certa, na quantidade certa, no momento certo e no sítio certo”.

A normalização do trabalho do operador logístico da secção em estudo adquiriu grande importância no âmbito deste trabalho por várias razões. Além das melhorias acima descritas, a acomodação de produto acabado no respectivo supermercado, ficando assim disponível para o cliente, começa a ser realizada de forma cíclica e continua especificamente pelo operador logístico evitando assim a saída dos operadores dos seus postos de trabalho tanto para acomodar produto acabado, como para abastecer componentes.

Para a realização deste trabalho foi necessário efectuar um levantamento exhaustivo de todas as tarefas da responsabilidade do operador logístico, com o objectivo de as incluir a todas na rota standard. É importante referir que a descrição das tarefas que devem ser levadas a cabo pelo operador logístico da secção, bem como a sua identificação no layout da mesma, facilitam bastante o trabalho de introdução de novos colaboradores logísticos, visto que através da simples visualização dos documentos standard é possível apreender todo o trabalho que deve ser realizado. Os documentos standards utilizados foram o STAB, a folha de balanceamento e a instrução de trabalho normalizado que podem ser consultados no Anexo F. O objectivo do STAB é verificar o que faz o operador enquanto decorre um tempo máquina (espaço de tempo em que a máquina está a laborar sem auxílio do operador) e deve ser utilizado sempre que existe um operador associado a uma máquina, ou quando este tem que realizar grandes deslocamentos. Por outro lado na folha de balanceamento é possível observar a sequência de trabalho a efectuar pelo operador e o tempo de ciclo planeado, o output esperado, a capacidade de linha ou célula, entre outros aspectos. Por fim na instrução de trabalho normalizado é possível observar o layout correspondente ao fluxo de trabalho do operador bem como todas as suas tarefas e respectivos tempos de execução. Todos os tempos utilizados para contabilizar o tempo de rota foram realizados com base na consulta da tabela presente no Anexo B.

Na figura seguinte encontra-se representada a rota adequada, tendo em conta todas as tarefas que devem ser desempenhadas pelo operador nas três linhas, assim como os pontos de paragem para a realização das mesmas.

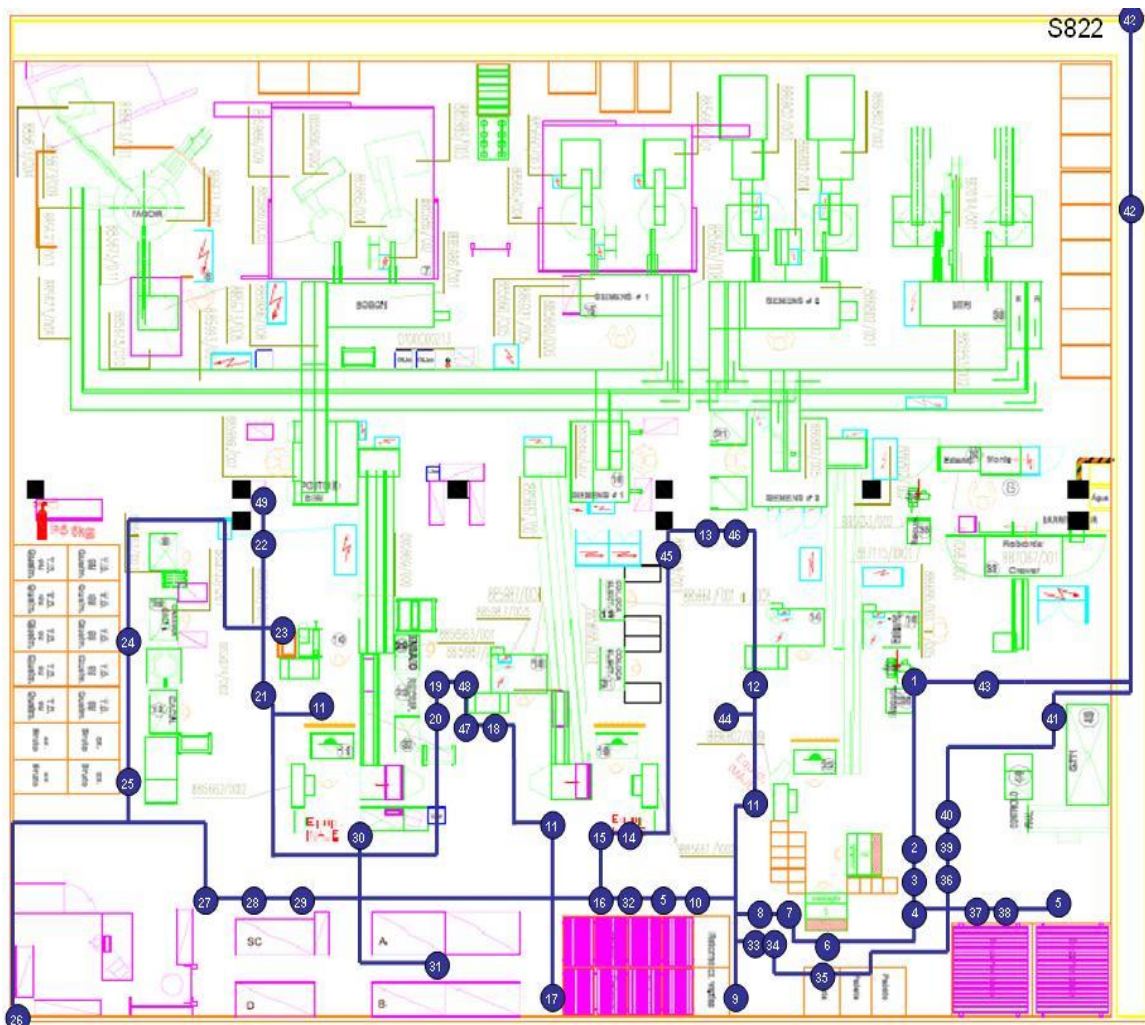


Figura 45. Rota normalizada do operador logístico da secção em estudo.

Todas as tarefas se encontram numeradas e devem ser realizadas pela ordem correcta. Devido ao elevado número de tarefas a contabilizar e à sua complexidade não foi fácil estabelecer um percurso contínuo com princípio e fim bem delimitado.

Como nem sempre se verifica o cenário acima ilustrado, ou seja, o funcionamento das três linhas em simultâneo, foram igualmente criados documentos standard para os cenários onde apenas estava em funcionamento a linha um e três ou a linha dois e três, como pode ser consultado igualmente no Anexo F. Estes diferentes balanceamentos foram baseados no normal funcionamento da secção, estando sempre em actividade a linha três, alternando com a linha um ou dois ou com ambas, consoante a necessidade.

Para o acompanhamento e resolução dos eventuais problemas, que poderiam surgir ao longo da execução da rota normalizada por parte do operador logístico, foi incluída uma tarefa a este, que consiste no preenchimento de uma folha utilizada para esse efeito. Através da análise desta folha de acompanhamento de rotas normalizadas, que poderá ser consultada no anexo H, foi possível verificar que uma tarefa correspondente ao abastecimento do supermercado de tubos destabilizava imenso o seu tempo de rota devido ao elevado tempo de execução desta tarefa bem como a sua sazonalidade, prejudicando assim o processo de abastecimento da secção.

4.5 Rota de *Milk run* de rua

O objectivo da criação desta nova rota era a eliminação da tarefa que destabilizava a rota de abastecimento do operador logístico da secção em estudo. Contudo, foi verificado que um operador ao realizar apenas esta tarefa teria demasiado tempo livre, pelo que era necessário acrescentar a esta rota novas tarefas, ditas exóticas, para aumentar a taxa de ocupação deste colaborador. Através da interacção com colaboradores de outras secções da fábrica, foi feito o levantamento de todas as tarefas que fugiam ao trabalho dito normal (tarefas exóticas) dos operadores logísticos das várias secções, sendo realizado posteriormente um estudo com o objectivo de alocar todas essas tarefas a uma só pessoa. Na Figura seguinte encontram-se ilustradas todas as tarefas e pontos de paragem desta rota:

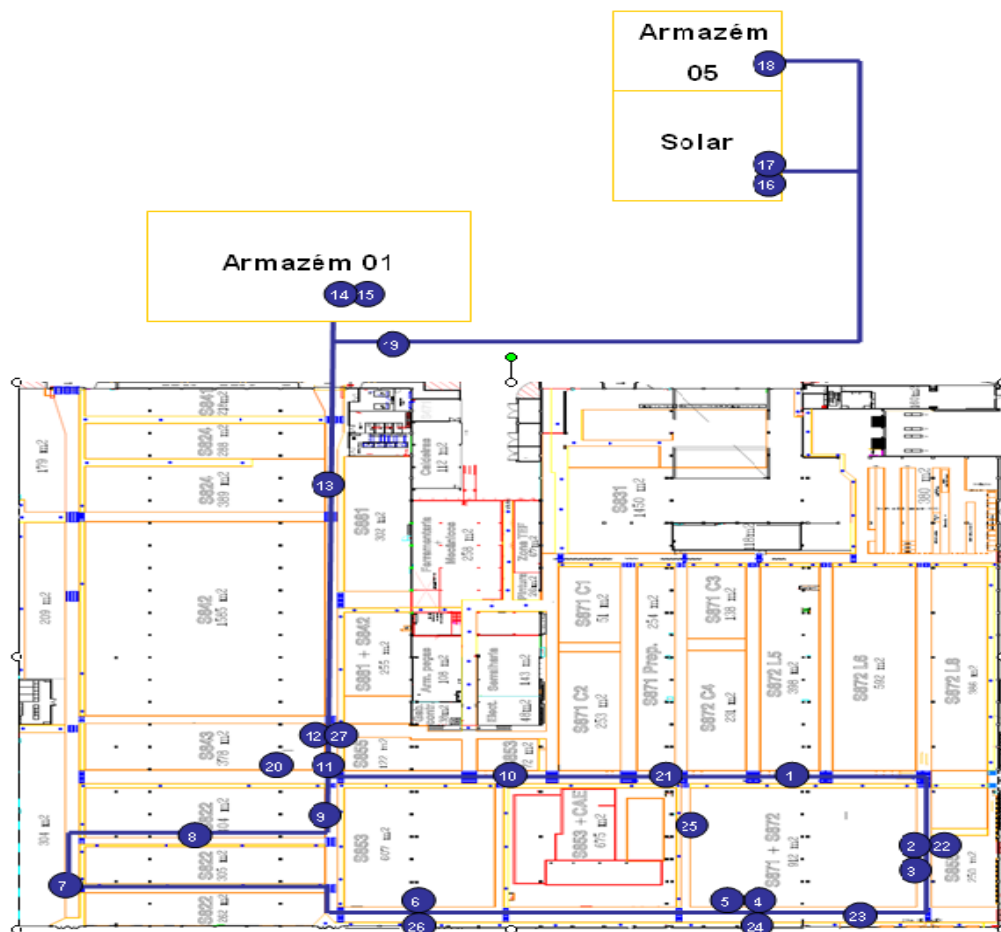


Figura 46. Layout da rota normalizada do milk run de rua.

Para esta rota foram igualmente criados documentos standard, à semelhança dos elaborados anteriormente, para a rota do operador logístico da secção em estudo, como pode ser observado no Anexo G.

É importante referir que a realização desta nova rota trouxe várias melhorias, entre as quais a eliminação de tarefas exóticas realizadas pelos operadores logísticos das várias secções intervenientes, a normalização do processo de abastecimento, por parte de um fornecedor da secção em estudo (armazém 5), sendo agora este processo realizado de forma cíclica e contínua, assim como foi feita a estabilização do abastecimento de componentes ao solar, visto que anteriormente este fornecimento

não era realizado de forma contínua e pontual, evitando assim problemas de falta de componentes.

Para facilitar a visualização do material em falta, nos diversos pontos de paragem, foram criados cartões *kanban* que seriam colocados em local específico quando uma caixa de componentes era gasta.

4.6 Dimensionamento do supermercado de produto acabado

Com a realização deste cálculo e com o uso de supermercados para produto acabado, é garantida a disponibilidade de componentes para os diversos clientes da secção em estudo, podendo deste modo produzir apenas quando é necessário e na quantidade certa.

Tendo como base a fórmula BPS para o cálculo do número de *kanbans* apresentada na secção 2.3.3.1, foi efectuado o cálculo no número de caixas (*kanbans*) necessário para cada referência de queimador/metade que dada a sua dimensão pode ser consultado no Anexo J, bem como a análise do perfil de cada cliente presente no Anexo I. Neste contexto, é importante referir o critério utilizado para obter os valores de determinados parâmetros necessários ao cálculo efectuado.

4.6.1 Critério utilizado para o cálculo de RT1

Para a contabilização deste factor, foi considerado o tempo gasto pelo *milk run* da secção ao retirar o cartão *kanban* do sequenciador de produção, que neste caso é uma caixa em acrílico e colocá-lo no posto de trabalho correspondente. Através da consulta da tabela de tempos standard fornecida pelo MTM (Anexo B) facilmente foi encontrado um valor aceitável para esta operação.

4.6.2 Critério utilizado para o cálculo de RT2

Este critério foi contabilizado tendo em conta o pior caso, ou seja, a produção de um *kanban* do produto com o maior tempo de ciclo.

4.6.3 Critério utilizado para o cálculo de RT3

Para a obtenção de um valor para este factor foi consultada a folha de trabalho normalizado do *milk run* da secção e foi feito um somatório de todas as tarefas de recolha de componentes, para posterior abastecimento dos postos de trabalho.

4.6.4 Critério utilizado para o cálculo de RT4

O tempo utilizado para este critério corresponde ao tempo necessário para a mudança de ferramenta no ensaio, tendo sido este tempo previamente contabilizado novamente pelo MTM. É de notar que, das duas famílias de produtos existentes na secção, apenas uma necessita de ensaio pelo que, o tempo de mudança da outra família é nulo.

4.6.5 Critério utilizado para o cálculo de RT5

O tempo de produção de um *kanban* foi rapidamente calculado, através da multiplicação entre o tempo de ciclo de cada componente e o número destes componentes, presentes numa caixa ou *kanban*. É importante referir que os tempos de ciclo de cada produto foram igualmente cedidos pelo MTM.

4.6.6 Critério utilizado para o cálculo de RT6

O valor utilizado para este critério, teve como base a colocação no supermercado de produto acabado, de um número médio de três caixas, contendo produto acabado, incluindo a deslocação necessária para o fazer.

4.6.7 Critério utilizado para o cálculo de WA

Para Wa (consumo máximo durante o tempo de reposição) foi feita a proporção entre a quantidade consumida num ciclo de produção de cada produto e a quantidade consumida pelo cliente durante o tempo de reposição (RTloop).

4.6.8 Critério utilizado para o cálculo de LS

Como não há formação de lote na secção em estudo, foi considerado o valor do tamanho do lote dos clientes finais, apenas para não obter valores negativos para o parâmetro LO (cobertura do tamanho de lote), visto o valor deste ser nulo.

4.6.7 Critério utilizado para o cálculo de SA

Para o factor de segurança de cada produto foi considerada uma margem de 10% do número total de cartões inicial.

4.6.8 Determinação do tamanho / layout do supermercado

Foi efectuado o cálculo do número de *kanbans* para cada produto e procedeu-se à realização de um esboço, da forma como seriam distribuídas as caixas no supermercado, conforme se encontra esquematizado no Anexo K. Este esboço foi condicionado pela dimensão das estantes já existentes na secção para acomodar produto acabado, podendo existir, no máximo, três níveis em altura para colocação de caixas, contendo cada nível quatro rack's¹ com capacidade para oito caixas cada, efectuando deste modo uma redução nos custos inerentes a esta implementação.

Quer para o supermercado de metades, quer para o supermercado de queimadores, foram colocadas com prioridade as referências do tipo A e do tipo B sendo em seguida ocupados os espaços restantes, com referências de menor consumo (tipo C) por sequência, garantindo assim a disponibilidade de todas as referências em supermercado. Devido ao número elevado de clientes em comum para determinadas referências de metades, a melhor opção seria tentar agrupar todas estas referências de forma a criar um supermercado dedicado por produto e não por cliente, como tinha sido proposto inicialmente, reduzindo assim substancialmente o espaço necessário.

Na distribuição das várias referências para o supermercado de queimadores foi tido em conta a dedicação deste por cliente, sendo formado um supermercado dedicado exclusivamente à linha 6 e célula 4 e outro dedicado à linha 5. Neste último, devido à disponibilidade de espaços vazios, foram cedidos dois rack's para referências em sequência, tanto para queimadores como para metades.

¹ Um rack é uma fila dinâmica que permite armazenar caixas standards Bosch ou carros logísticos standard contendo material disponível para transporte ou operação através de *picking* (recolha).

5 Apresentação de resultados

Este capítulo tem como finalidade a apresentação dos resultados decorrentes das implementações realizadas. É importante referir que certos resultados obtidos como é o caso das condições ergonómicas e o fluxo de material, não são numericamente contabilizáveis, pelo que não foram inseridos nas medidas de desempenho.

5.1 Número de operadores por turno

Como já foi referido anteriormente, com a alteração de layout realizada obteve-se um melhor balanceamento da linha 3, uma vez que o operador que executa o ensaio poderá agora também finalizar a preparação do queimador. Deste modo, o número de operadores necessário para esta linha de montagem foi reduzido, passando de um total de seis para cinco operadores, poupando-se assim um trabalhador.

5.2 Quantidade de componentes em caixa não standard, nos postos de trabalho

Com a definição do tipo de caixa para cada componente necessário no bordo de linha, foram eliminadas as caixas não standard que eram utilizadas anteriormente para o mesmo efeito. Assim, o número de componentes em caixas não standard presente nos postos de montagem de queimadores foi reduzido para zero, obtendo o resultado pretendido.

5.3 Número de componentes disponível no bordo de linha

A definição do tipo de caixa standard para cada componente do bordo de linha possibilitou o enquadramento de todas as referências necessárias no posto de trabalho, pois o espaço ocupado por estas na nova caixa era menor. Anteriormente a esta alteração, cerca de quatro referências encontravam-se arrumadas numa gaveta do posto de trabalho, não estando por isso disponíveis no bordo de linha, o que aumentava o tempo de ciclo, pois era necessário abrir a gaveta e retirar a caixa com os componentes do seu interior. Com esta alteração, a totalidade dos componentes necessários ao processo ficou disponível no bordo de linha.

5.4 Quantidade de abastecimentos normalizados aos postos de trabalho

Com a normalização da rota do operador logístico da secção em estudo, os postos de trabalho passam a ser apenas abastecidos de forma normalizada por este operador. Com a criação da rota do *milk run* de rua, também se obtiveram ganhos ao nível das destabilizações das rotas dos operadores logísticos das diferentes secções da fábrica, devido a tarefas exóticas, eliminando assim as oscilações que decorriam no tempo de rota dos operadores logísticos intervenientes.

5.5 Área ocupada por estante/supermercado de produto acabado

Foi verificada uma redução do espaço ocupado pelo supermercado de produto acabado em relação à estante de produto acabado utilizada até então. Inicialmente existiam quatro estantes de produto acabado com 2,9 m² cada, o que perfaz um total de 11,6 m². Após o cálculo do número de *kanbans* necessário, ocorreu a eliminação de uma estante de produto acabado, passando agora a área dispendida para acomodar produto acabado, para cerca de 8,7 m².

5.6 Número de referências disponível no supermercado de produto acabado

A implementação de supermercados na secção em estudo permitiu a colocação de um maior número de referências à disposição dos vários clientes. Foram adicionadas oito referências às já existentes e com esta melhoria foi possível implementar um supermercado de produto acabado para CKD, sendo o material para esta linha acomodado em paletes até esta alteração.

6 Conclusões e trabalho futuro a desenvolver

6.1 Conclusões finais

Ao proporcionar uma experiência bastante enriquecedora na filosofia *Lean*, que constitui uma área cada vez mais importante no ambiente produtivo em geral e devido ao próprio tema do projecto (sistema *Pull*), entre outros motivos, tornaram o balanço deste estágio bastante positivo.

É de realçar a necessidade do acompanhamento das várias situações no *gemba*, pois é neste que surgem os problemas e muitas vezes as soluções, embora a sabedoria, o conhecimento e a experiência de quem participa neste tipo de projectos seja necessária, não é suficiente para uma implementação bem sucedida. O envolvimento das pessoas que irão tomar maior contacto com as diferentes melhorias, é fulcral, pois ninguém melhor que os operadores conhece o processo produtivo. Deste modo a resistência à mudança torna-se menor.

6.2 Satisfação dos objectivos

Do ponto de vista geral é possível afirmar que foram atingidos os objectivos propostos para o presente projecto de forma positiva. Foi possível implementar diversas acções de melhoria, através da integração dos princípios BPS na secção em estudo, entre os quais o *Pull System*, que constituía o principal objectivo deste trabalho.

6.3 Recomendações de trabalho futuro

Devido a questões económicas ou de tempo existem algumas melhorias que não foram postas em prática mas, que poderiam ser levadas a cabo, pelo que, como trabalho a desenvolver futuramente, propõem-se as seguintes ideias:

6.3.1 Implementação de trabalho normalizado

O facto de alguns clientes da secção em estudo não terem trabalho normalizado, como é o caso dos operadores logísticos da linha 5 e 8, das secções S851 e S881, provoca uma série de condições que dificultam a aplicação de um sistema *Pull* a 100%. Com a normalização do trabalho destes operadores, seria possível obter uma redução substancial, no stock de produto acabado presente em cada supermercado.

6.3.2 Alteração do layout para três células

Como foi dito anteriormente não foi possível efectuar a alteração de layout previamente definida, pelo que seria importante pô-la em prática, devido às melhorias que acarreta. Com a formação de duas células dedicadas e uma terceira célula apenas para montagem de tubos de distribuição, permitir-nos-ia uma maior flexibilidade, assim como melhores balanceamentos, além da redução do número de operadores. A inclusão de uma terceira célula seria benéfica, na medida em que, se iriam juntar dois processos que se complementariam, pois apesar de ter sido considerado como um fornecedor da secção, o armazém 5 faz parte integrante desta secção, apesar de se encontrar algo distante.

6.3.3 Controlo do supermercado de produto acabado

Após a implementação de um supermercado é importante realizar gradualmente o seu controlo, com o objectivo de o reajustar, conforme as necessidades dos seus clientes, procurando assim eliminar desperdícios de produção.

6.3.4 Implementação de FIFO entre a secção em estudo e os seus clientes

Uma das melhorias implementadas, neste projecto de estágio foi a definição do supermercado de produto acabado, o que significa que a secção em estudo passou a produzir para um supermercado e de acordo com as especificações deste. Embora seja um dos elementos do sistema *Pull*, o supermercado não representa um cenário ideal para um sistema produtivo, pois os produtos são mantidos num supermercado durante um período de tempo, o que significa que a produção ocorreu antes do tempo, o que contraria a lógica JIT.

Como tal, a implementação de um sistema FIFO, entre a secção em estudo e os seus clientes, iria resultar num fluxo contínuo de materiais, eliminando a necessidade de um supermercado, o que iria provocar a diminuição de stock e de área ocupada na fábrica.

7 Bibliografia

Apresentação oficial Bosch 2008.

BOSCH (2006), “Cyclical material supply – Milk Run (Element Description)”.

BOSCH (2008), “Dimensionamento de supermercados”

BOSCH (2008), Evento Beyond – “Lean 2008”.

BOSCH (2006), “Leveling (Element Description)”.

BOSCH (2008), “Log Meeting – Mês de Novembro”.

BOSCH (2006), “Pull system (Element Description)”.

BOSCH (2008), “Sistema de Produção Lean (Introdução)”.

BOZDOGAN, K., Milauskas, R., Mize, J., Nightingale, D., Taneja, A. and Tonaszuck, D. (2000), “Transitioning to a lean enterprise: a guide for leaders”. MIT (Massachusetts Institute of Technology), Volume I.

BOZDOGAN, K., Milauskas, R., Mize, J., Nightingale, D., Taneja, A. and Tonaszuck, D. (2000), “Transitioning to a lean enterprise: a guide for leaders”. MIT (Massachusetts Institute of Technology), Volume I.

DENNIS (2007), “Pascal – Lean Production Simplified” – 2. Ed. – Productivity Press : New York

DREW, J., McCallum, B. and Roggenhofer, S. (2004), “Journey to lean: making operational change stick”. Published by PALGRAVE MACMILLAN, New York.

EMILIANI, M.L. and Stec, D.J. (2005), “Leaders lost in transformation”. Leadership & Organisation Development Journal, 26(5), 370-387.

Engineering Employers’ Federation (2001), “Catching up with uncle Sam: the EEF final report on US and UK manufacturing productivity”. December, 4-41.

FELD, William M. (2001), “Lean Manufacturing: tools, techniques, and how to use them”, St Lucie Press.

FUJIMOTO, T. (1999), “The evolution of a manufacturing system at Toyota”. Oxford University Press, New York, NY.

G. Tardin (2007), “O papel de um Quadro de Nivelamento de produção na produção puxada: um caso de estudo”.

Heijunka: Leveling Production (2006),” published in “Manufacturing Engineering” magazine.

HINES, P., Found, P., Griffiths, G. and Harrison, R. (2008), “Staying Lean: thriving, not just surviving”. Published by: Lean Enterprise Research Centre, Cardiff University and Cardiff Business Technology Centre.

HINES, P., Holweg, M. and Rich, N. (2004), "Learning to Evolve: a review of contemporary lean thinking. International Journal of Operations & Production Management", 24(10), 994-1011.

J. Liker (2004), "The Toyota Way – 14 Management Principles". McGraw - Hill.

Kaizen Institute (2004), "Modelos Logísticos Pull Flow". Kaizen Institute.

KILPATRICK, J. (2003), "Lean Principles". Utah manufacturing extension partnership. Utah.

KILPATRICK, J. and Osborne, R. (2006), "Lean Evolves: The Next R(E)volution". Business Breakthroughs Inc, 1-9.

LARRY, D. Alexander (1985), "Successfully implementing strategic decisions". Long Range Planning, 18(3), 91-97.

LAUGEN, B.T. and Boer, H. (2007), "The implementation of best practices: process and performance effects". Creativity and Innovation Management, 16(4), 397-407.

LIKER, J. (2003), "The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer". McGraw-Hill, New York.

LIKER, K. Jeffrey, "The Toyota Way" – 1. Ed. – The McGraw-Hill Companies (2004)

M. Rother & J. Shook (2003), "Learning to See". Brookline, pp. iii.

MOORE, R. (2001), "Comparing the major manufacturing improvement methods. Plant Engineering".

PAPADOPOULOU, T.C. and Özbayrak, M. (2005), "Leanness: experiences from the journey to date". Journal of Manufacturing Technology Management, 16(7), 784-807.

Revista Mundo V – edição 14 do ano 2007

SPEAR, S. Bowen, H. K. (1999), "Decoding the DNA of the Toyota production system". Harvard Business Review, sept-oct, 96-106.

TRACEY, Monica W. and Flinchbaugh, J. (2006), "HR's role in the lean organisational journey". WORLDATWORK Journal, p. 49-58.

WOMACK, J.P. and Jones, D.T. (1994). "From lean production to the lean enterprise". Harvard Business Review.

WOMACK, J.P. and Jones, D.T. (2003), "Lean Thinking: banish waste and create wealth in your corporation". Simon and Schuster, London.

WOMACK, J.P., Jones, D.T. and Roos, D. (1990), "The Machine that Changed the World". Rawson Associates, New York, NY.

WORLEY, J.M. and Doolen, T.L. (2006), "The role of communication and management support in a lean manufacturing implementation". Management Decision, 44(2), 228-245.

Websites

Lean Enterprise Institute (LEI) Website, at <http://www.lean.org/>

Lean Enterprise Research Centre (LERC) Website, at
<http://www.leanenterprise.org.uk/>

Tugger & Trailer Benefits – Technical Library . Conveyer and Caster Equipment for
Industry 2008 Website, at
www.conveyercaster.com/technical-library/trailer-tugger.htm

<http://www.strategosinc.com/value-stream-mapping-3.htm>

Estes anexos só estão disponíveis para consulta através do CD-ROM.
Queira por favor dirigir-se ao balcão de atendimento da Biblioteca.

Serviços de Biblioteca, Informação Documental e Museologia
Universidade de Aveiro